Soluzioni per l'involucro

Manuale tecnico 2015

INDICE

Porotherm

Nato nel 1819 a Vienna, Wienerberger è un gruppo internazionale leader mondiale nella produzione di soluzioni per l'involucro: blocchi da muro, mattoni faccia a vista e tegole. Wienerberger offre una vasta gamma di soluzioni, dove la tradizione del laterizio si sposa con la tecnologia e l'innovazione per mantenere la gamma in costante evoluzione.

Lo staff tecnico di Wienerberger offre inoltre assistenza completa, dalla progettazione all'esecuzione in cantiere, mettendo a disposizione la propria esperienza a tutti gli attori coinvolti nel processo edilizio, nella scelta delle soluzioni più idonee ad ogni esigenza.

Wienerberger è da oggi partner della prestigiosa associazione no profit GBC Italia (Green Building Council). La certificazione LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*) si pone ai vertici internazionali quale strumento di verifica e certificazione per edifici energeticamente efficienti.

Con questa partnership Wienerberger intende contribuire al processo di cambiamento del settore edile, garantendo un valore aggiunto sul panorama dell'edilizia sostenibile.

Per quanto riguarda invece l'ambito del Sistema Integrato Ambiente e Sicurezza, Wienerberger vanta di due prestigiose certificazioni: **OHSAS 18001:2007** (certificazione volontaria sulla Sicurezza) e **ISO 14001:2004** (certificazione volontaria sull'Ambiente).

La certificazione OHSAS 18001 garantisce il rispetto delle norme sulla Salute e Sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente di lavoro, inoltre rappresenta un punto di eccellenza per Wienerberger non solo a livello italiano ma anche a livello internazionale rispetto alle altre unità della multinazionale.

La certificazione ISO 14001, invece, identifica uno standard di gestione Ambientale. Entrambe le certificazioni, integrate tra di loro, fanno parte del nuovo sistema di controllo e gestione Sicurezza e Ambiente di cui si è dotata Wienerberger.

Anche in questo Wienerberger evidenzia la volontà di essere un'azienda moderna e strutturata che garantisce ai propri clienti, fornitori e dipendenti i più alti livelli di eccellenza di prodotto, di servizio e di ambiente.

Wienerberger, un gruppo internazionale

1819

Alois Miesbach fonda nella località Wienerberg, nella periferia di Vienna, la prima fornace del futuro gruppo Wienerberger

1869

Wienerberger diventa una delle prime compagnie Austriache ad essere quotate alla Borsa di Vienna

1986

Inizio del processo di internazionalizzazione e crescita attraverso l'acquisizione del gruppo tedesco Oltmanns

1995

Wienerberger entra nel mercato italiano con l'acquisizione della fornace Feltrina di Feltre (BL)

Quasi 200 anni di storia

Wienerberger è un gruppo internazionale leader mondiale nella produzione di laterizi, adatti ad ogni esigenza costruttiva.
Wienerberger al momento conta 204 stabilimenti in 30 nazioni di tre continenti: Europa, America, Asia, con un fatturato di oltre 2,834 miliardi di euro l'anno.

Wienerberger nel mondo

Wienerberger è il più grande produttore mondiale di laterizi. Nei mattoni faccia a vista è il primo in Europa e negli Stati Uniti, nelle tegole in cotto è il primo in Europa, nei blocchi termici è ai primi posti nel mondo.

Il bello del mattone

Il laterizio è un materiale nobile, estratto direttamente dalla terra e, grazie alle sue proprietà, contribuisce al rispetto dell'ambiente.

- Garantisce un isolamento sano e duraturo nel tempo;
- Non richiede energia per la climatizzazione estiva esaltando nel contempo il benessere termoigrometrico in tutti gli ambienti della casa;
- Fornisce ottime prestazioni coibenti anche senza isolanti;
- Si posa semplicemente e permette di realizzare costruzioni solide e durature
- Si adatta perfettamente alle normative antisismiche;

Tutte le soluzioni fornite da Wienerberger possiedono queste caratteristiche peculiari e si adattano perfettamente a tutte le esigenze costruttive garantendo risultati di posa precisi e prestazioni della muratura altamente performanti.

1999

Acquisizione della fornace Brunori di Bubano, in provincia di Bologna

2003

Acquisizione della fornace Tacconi di Terni.

2006

Introduzione dell'innovativa tecnologia della rettifica presso lo stabilimento di Feltre

2007

Acquisizione della fornace Ril di Gattinara, in provincia di Vercelli, e implementazione dell'impianto di rettifica

2009

Accorpamento dei siti produttivi italiani del gruppo sotto l'unico marchio Wienerberger S.p.A. Unipersonale

Le fasi di produzione

1. Estrazione dell'argilla

2. Trasporto e preparazione dell'argilla

3. Formazione di blocchi per estrusione

4. Preparazione dei blocchi per la cottura

5. Cottura dei blocchi ad alte temperature

6. Rettifica dei blocchi gamma "PLAN"

7. Preparazione dei pacchi "Porotherm"

L’efficienza incontra il comfort: Porotherm, soluzioni innovative in laterizio

Vantaggi a 360°

- **Elevate prestazioni energetiche**
- **Massimo comfort interno**
- **Riduzione dei costi**
- **Riduzione delle emissioni di CO_2**

Verso Edifici ad Energia quasi Zero

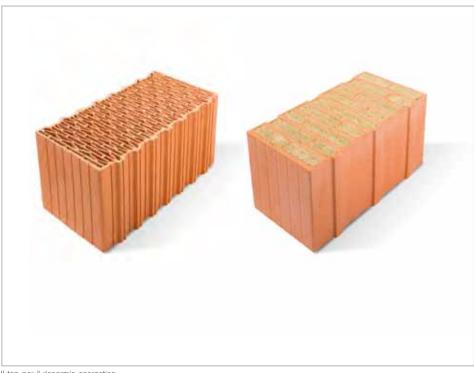
La Direttiva della Comunità Europea **31/2010/UE (EPBD recast)**, dedicata al miglioramento della prestazione energetica degli edifici, identifica che direzione dovranno prendere i vari Stati Membri dell'Unione per individuare delle strategie che puntino ad un contenimento dei consumi energetici.

A questo proposito viene identificato un nuovo standard progettuale, l'Edificio ad Energia quasi Zero (nZEB) che, grazie ad un attento equilibrio tra involucro, impiantistica e produzione di energia da fonti rinnovabili, dovrà permettere una sostanziale riduzione delle emissioni di CO_2, con un obiettivo preciso: *l'energia più pulita è quella che non viene consumata.*

L'orizzonte temporale per l'applicazione di questo standard, secondo la Legge 90, che introduce in Italia i requisiti della Direttiva Europea, è a breve/medio termine: **2019** per gli edifici pubblici di nuova costruzione, **2021** per tutti gli altri.

Oltre ad una riduzione del 20% delle emissioni di anidride carbonica, vengono chiesti altri due importanti traguardi da raggiungere entro il 2020: **20% di riduzione del consumo energetico e 20% di aumento dell'uso di energie da fonti rinnovabili.**

Ma perchè aspettare il 2019 per iniziare a pensare agli Edifici a Energia quasi Zero?

Già oggi è possible realizzarli, grazie alle soluzioni innovative in laterizio rettificato della famiglia **Porotherm PLAN**, prodotte da Wienerberger.

Il top per il risparmio energetico

4 fattori chiave per mettere al centro il benessere di chi abita.

Benvenuti nel sistema e^4

Con **e^4** (energia, economia, ecologia, emozione), Wienerberger vuole promuovere delle linee guida che puntino ad un approccio integrato all'architettura.
L'obiettivo é quello di offrire soluzioni complete che aiutino nella progettazione di Edifici ad Energia quasi Zero, guardando alla performance globale e mettendo al centro del progetto la sostenibilità ambientale degli edifici.

energia
Le soluzioni Wienerberger sono studiate per progettare e realizzare involucri altamente prestazionali, che soddisfino le normative sul risparmio energetico, preservando le risorse ambientali e le fonti energetiche non rinnovabili.
La natura dei laterizi porizzati **Porotherm** assicura un isolamento termico sano e naturale, che favorisce la riduzione dei consumi energetici.

economia

Economia significa risparmio energetico durante tutto il ciclo di vita dell'edificio, quindi anche durante la fase di cantiere. Le soluzioni Wienerberger permettono una posa in opera facile e veloce, assicurando un sistema all'insegna del risparmio, consentendo di ridurre i consumi di acqua ed energia elettrica fino al 90%. Accessori e pezzi speciali sono pensati per ottimizzare la logistica di cantiere.

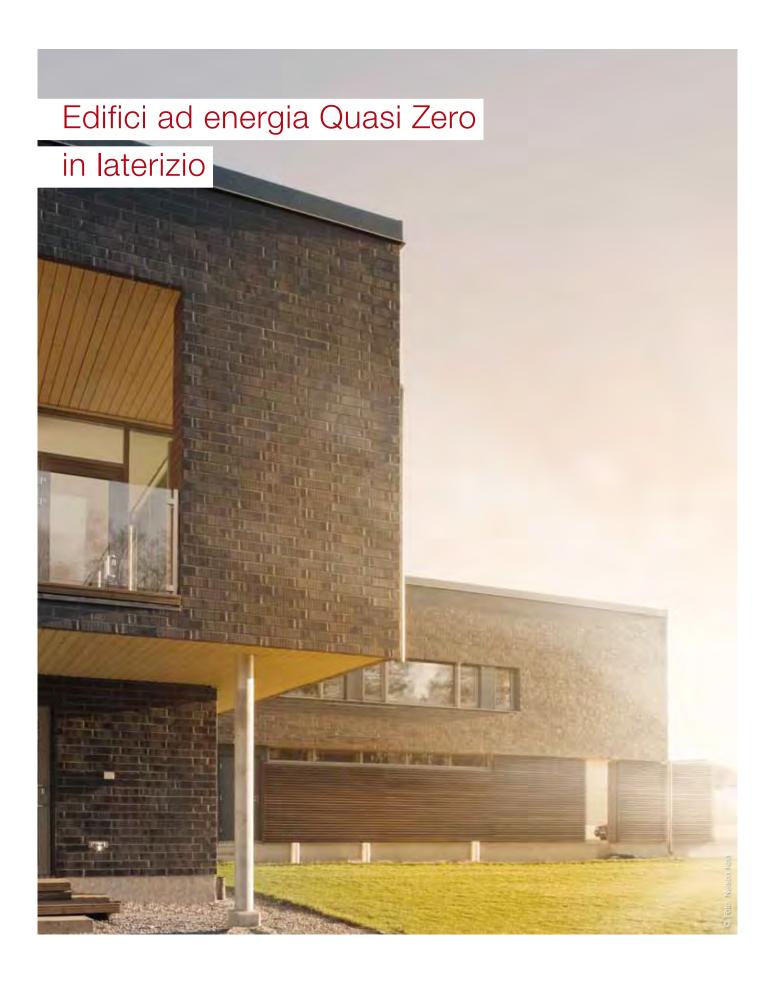
ecologia

Il laterizio è un materiale nobile che, grazie alle sue proprietà, contribuisce a creare un ambiente sano e sostenibile.
Le prestazioni di un edificio massivo in laterizio contribuiscono attivamente nel ridurre le emissioni di CO_2 durante il ciclo di vita utile dell'edificio. Wienerberger è partner di GBC Italia, per promuovere assieme un mondo orientato alla sostenibilità dell'ambiente che ci circonda.

emozione

La casa in cui viviamo determina la qualità della nostra vita. Le soluzioni Wienerberger permettono di costruire involucri edilizi nella massima Sostenibilità Ambientale, migliorando la qualità dell'aria e il benessere all'interno degli spazi in cui viviamo. Il calore del laterizio si sposa con le tecnologie innovative di Wienerberger, per offrire il massimo comfort nel tempo.

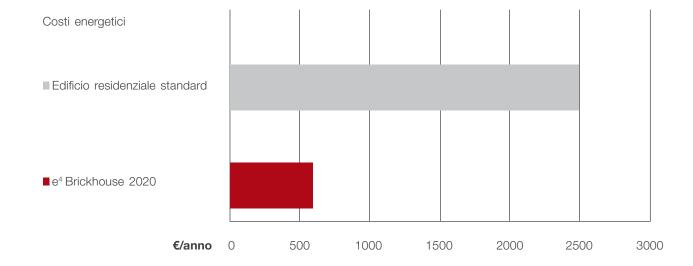
Edifici ad energia Quasi Zero in laterizio

© Foto: Nelson Kon

L’importanza della corretta progettazione

Costruire **Edifici ad Energia quasi Zero** significa non solo utilizzare i materiali giusti ma, anche e soprattutto, approcciarsi alla progettazione architettonica con una visione d’insieme che sappia far dialogare involucro e impiantistica, volumetrie e superfici disperdenti. La ricerca del miglior rapporto S/V (superficie disperdente su volume riscaldato), la giusta esposizione e l’attenta analisi dei potenziali apporti gratuiti, sono le basi per progettare un edificio energeticamente efficiente. Massima attenzione va inoltre rivolta, nei nostri climi mediterranei, al surriscaldamento estivo: quello che in fase invernale può essere il miglior apporto gratuito, il sole, può diventare d’estate la principale causa di discomfort.

Da qui l’importanza di optare, per involucri massivi, che sappiano contenere la radiazione solare nei picchi di calore, garantendo il massimo benessere interno ed evitando sovraccarichi di lavoro all’impianto di raffrescamento.

La massa superficiale dell’edificio del progetto **e⁴ Brickhouse 2020**, unita ad una trasmittanza dell’involucro U=0,14 W/m^{2}K consente, come evidenziato dal grafico di seguito riportato, una drastica riduzione dei costi energetici.

Dal progetto alla realtà

Dettagli tecnici

Superficie utile	203 m^2
Fabbisogno energetico (riscaldamento)	32,10 KWh/m^2/a
Fabbisogno energetico globale	71,38 KWh/m^2/a
Produzione totale di energia	73,78 KWh/m^2/a
Emissioni di CO_2	-0,91 kg CO_2/m^2/a
Costi di costruzione	1.722 €/m^2

Impiantistica

- 48 m^2 collettori solari
- 6,5 kWp fotovoltaico
- 9.580 litri tanica d‘acqua
- 40 kW caldaia a pellets
- Riscaldamento a pavimento
- Riscaldamento a parete

Il progetto e^4 è già realtà

Nel 2012, nella città di Zwettl (Austria meridionale), è stato completato il primo edificio **e4 Brickhouse 2020**. Consultando www.facebook.com/e4.Ziegelhaus è possibile valutare in tempo reale il funzionamento di questa "casa solare".

Questo edificio innovativo si mantiene al 100 % grazie ad energie rinnovabili. In primo luogo, grazie all'energia solare, e in secondo luogo, con l'aiuto di una caldaia a pellet che entra in funzione durante i picchi di freddo invernali. L'alto grado di efficienza è garantita dai pannelli solari, che veicolano l'acqua calda ad un sistema di accumulo centrale costituito da un serbatoio d'acqua da quasi 10.000 litri, utilizzato per produrre riscaldamento e acqua calda sanitaria.
L'acqua calda per il riscaldamento viene poi fatta passare attraverso un doppio impianto di riscaldamento a pavimento e a parete.
Quest'ultimo è stato realizzato grazie ad uno studio in partnership tra Wienerberger e l'azienda Pipelife, basato sul passaggio di tubazioni simili a quelle utilizzate per il riscaldamento a pavimento all'interno del blocco Porotherm PLAN Cassero.

Le proprietà termoregolatrici del laterizio, con cui sono composte tutte le partizioni esterne ed interne, consentono a loro volta un accumulo di calore che mantiene le temperature interne ai livelli ottimali di comfort. L'impianto fotovoltaico completa l'approvvigionamento di energia da fonti rinnovabili, producendo 6,5 kW grazie ad una superficie di 48 m^2.

Rainer e Bianca sono i proprietari del primo edificio **e⁴**. Sono estremamente soddisfatti dalla combinazione tra efficienza energetica, qualità della vita e sostenibilità.

"Produrre più energia di quella che ci serve è semplicemente fantastico."

Rainer Lugauer

"Grazie al laterizio io e la mia famiglia godiamo di un comfort eccezionale"

Bianca Lugauer

Materiali Wienerberger utilizzati

Pareti esterne	Porotherm PLANA+ 49 - 0,07
Pareti interne	Porotherm BIO PLAN 25 Porotherm PLAN Cassero
Solai	Pignatte 20x25x42
Faccia a vista	Terca
Copertura	Koramic

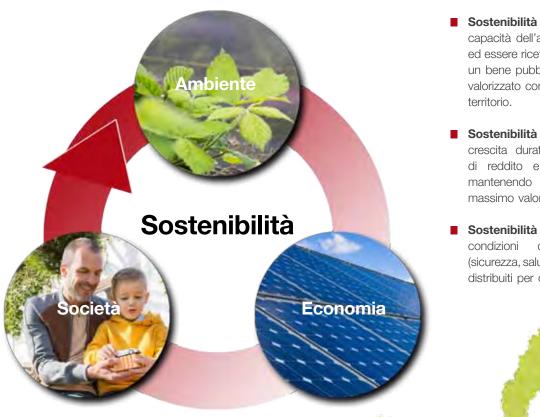
Sezione prospettica dell'edificio

Cosa significa sostenibilità?

La definizione più autorevole di **sviluppo sostenibile** deriva dal Rapporto Brundtland "Our Common Future" del 1987.

"Lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfa i bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri [...]. "

La legislazione italiana (art. 3-quater del D.lgs 16 gennaio 2008 n. 4) riprende la definizione sopra riportata aggiungendo che, data l'inevitabile interferenza tra natura e attività umane, il principio dello sviluppo sostenibile deve individuare un equilibrio tra risorse ereditate e risorse da risparmiare e da trasmettere.
L'idea alla base dello sviluppo sostenibile è quindi l'**equità intergenerazionale**: generazione presente e futura hanno gli stessi diritti e devono avere accesso alle stesse risorse. L'obiettivo è il miglioramento della qualità della vita in modo duraturo attraverso crescita economica ed equa distribuzione delle risorse.

Si tratta di un processo continuo che comunemente comprende tre ambiti tra loro fortemente interconnessi: **società, ambiente ed economia**.

- **Sostenibilità ambientale**: preservare la capacità dell'ambiente di fornire risorse ed essere ricettore di rifiuti. L'ambiente è un bene pubblico e deve quindi essere valorizzato come elemento distintivo del territorio.
- **Sostenibilità economica**: generare crescita duratura attraverso creazione di reddito e lavoro, producendo e mantenendo all'interno del territorio il massimo valore aggiunto.
- **Sostenibilità sociale**: garantire condizioni di benessere umano (sicurezza, salute e istruzione) equamente distribuiti per classe e genere.

Europa 2020

La stessa Commissione Europea nella comunicazione del 3/3/2010 "EUROPA 2020: Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva", vede lo sviluppo sostenibile come unica risposta vincente alla recente crisi economica.

Lo scopo di Europa 2020 è infatti quello di incentivare la ripresa, affrontando le sfide a lungo termine (globalizzazione, pressione sulle risorse e invecchiamento della popolazione) in modo da compensare le recenti perdite e riacquistare competitività.

Le tre priorità sono quindi:

- **Crescita intelligente**: sviluppare un'economia basata sulla conoscenza e sull'innovazione;
- **Crescita sostenibile:** promuovere un'economia più efficiente sotto il profilo delle risorse;
- **Crescita inclusiva**: promuovere un'economia con un alto tasso di occupazione che favorisca la coesione sociale e territoriale.

Grazie a queste premesse nello scenario di ripresa sostenibile l'Europa sarà in grado di tornare al precedente andamento di crescita ed eventualmente di migliorarlo, determinando una realtà caratterizzata da alti livelli di occupazione, produttività e coesione sociale. Per poter attuare uno sviluppo sostenibile, anche nei processi decisionali aziendali devono essere inserite considerazioni relative a risorse e ambiente, migliorando l'efficienza nell'uso delle energie e delle risorse non rinnovabili.

Fonte: Comunicazione della Commissione europea "EUROPA 2020 Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva" (Bruxelles, 3/3/2010)

Ecoefficienza

L'ecoefficienza è un nuovo modello di management che unisce gli obiettivi di eccellenza economica d'impresa con quelli di eccellenza ambientale.
Efficienza economica: usare minori quantità di risorse e produrre meno rifiuti significa risparmiare denaro e generare profitti.
Efficienza ambientale: proteggere l'ambiente, preservando le risorse naturali e riducendo l'inquinamento.
Dalla definizione del World Business Council for Sustainable Development,

"l'ecoefficienza viene raggiunta fornendo a prezzi competitivi prodotti e servizi che soddisfino i bisogni umani e portino ad una maggiore qualità della vita, riducendo progressivamente l'impatto ecologico e l'uso di risorse naturali durante il ciclo di vita del prodotto".

Gli obiettivi principali sono quindi:

Riduzione del consumo di risorse minimizzando il consumo di materie prime, l'uso di energia, di acqua e di suolo.

Aumento del valore del servizio e del prodotto fornendo più benefici ai consumatori attraverso la funzionalità e la flessibilità del prodotto.

Riduzione dell'impatto sulla natura minimizzando le emissioni e gli scarichi.

Migliorare il sistema di management ambientale e di sostenibilità integrando il sistema di management ambientale con quello esistente di management economico, al fine di costruire un approccio ecoefficiente.

L'impegno di Wienerberger

Wienerberger ha sviluppato una forte politica della sostenibilità, che pone al centro del proprio *core business* un'attenzione speciale per ottimizzare la compatibilità tra la produzione di laterizi e l'ambiente. L'ottimizzazione delle materie prime, l'interazione responsabile con i siti di estrazione e produttivi e la migliore conservazione delle risorse sono i principi centrali della sostenibilità ambientale nella nostra produzione.
Per un impegno completo verso la sostenibilità attuiamo politiche di sostenibilità sociale ed economica di seguito illustrate.

...per la sostenibilità sociale

- **WiSBA (Wienerberger Sustainable Building Academy)**

WiSBA è un programma formativo internazionale sull'edilizia sostenibile, sviluppato e coordinato da Wienerberger e dall'Università di Vienna, in collaborazione con università scientifiche di tutta Europa.
Alla prima edizione (2013) hanno partecipato 12 studenti di architettura e ingegneria civile e ambientale, provenienti dalle università di Austria, Germania e Polonia, e l'ultima edizione di settembre 2015 coinvolgerà anche Belgio, Italia, Svizzera e Ungheria.
L'obiettivo è progettare un edificio low-tech in laterizio prendendo in esame le tre dimensioni della sostenibilità con il supporto di docenti delle migliori università europee.

© Foto: DI Norbert Prommer

- **Certificazione OHSAS 18001:2007**

Wienerberger crede nel lavoro e il lavoro è fatto dalle persone, con questa certificazione mettiamo per iscritto la nostra volontà a tutelare le persone all'interno dell'azienda.

L'OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) è una certificazione volontaria che definisce i requisiti di un Sistema di Gestione della Sicurezza e della Salute dei Lavoratori (SSL), secondo quanto previsto dalle normative vigenti e in base ai pericoli ed ai rischi potenzialmente presenti sul posto di lavoro. È stata sviluppata per rispondere ad una precisa domanda del mercato che chiedeva con insistenza uno standard univoco per i Sistemi di Gestione della SSL. L'ente certificatore scelto da Wienerberger è *Bureau Veritas*, fra i leader a livello mondiale nella valutazione di conformità e certificazione della Qualità, l'Ambiente, la Salute, la Sicurezza e la Responsabilità Sociale (QHSE-SA).

© Foto: Markus Esser

A scuola in fornace

Nelle sedi italiane di Mordano (BO), Villabruna di Feltre (BL), Gattinara (VC) e Terni (TR) vengono promosse giornate di formazione e laboratori in fornace, in collaborazione con scuole locali. Bambini e ragazzi, dalla scuola materna agli istituti superiori visitano gli stabilimenti confrontandosi con una realtà aziendale e imparando il ciclo produttivo del laterizio.

...per la sostenibilità ambientale

Certificazione ISO 14001:2004

L'attenzione che da sempre Wienerberger dedica ai temi ambientali si traduce nella certificazione di conformità alla norma ISO 14001 che rappresenta un importante risultato in un'ottica di miglioramento continuo.
ISO 14001 fa parte di una serie di norme internazionali, che riguardano il Sistema di Gestione Ambientale, e in particolare fornisce un quadro sistematico per l'integrazione delle pratiche a protezione dell'ambiente, prevenendo l'inquinamento, riducendo l'entità dei rifiuti, il consumo di energia e dei materiali.

La Norma ISO 14001 è impostata sui principi di un sistema di gestione che prevede le fasi metodologiche di pianificazione, esecuzione, controllo e azioni di miglioramento "*Plan-Do-Check-Act*"; l'applicazione della norma ISO 14001 definisce i requisiti più importanti per individuare, controllare e monitorare gli aspetti ambientali di qualsiasi Organizzazione che abbia una politica ambientale. L'ente certificatore scelto da Wienerberger è *Bureau Veritas Certification*, che è stato il primo Organismo di Certificazione al mondo ad essere accreditato per la certificazione ISO 14001.

BUREAU VERITAS
Certification

WIENERBERGER SPA UNIPERSONALE

Sede Legale:
Via Ringhiera, 1 – 40027 MORDANO - FRAZ. BUBANO (BO)

Certificato multisito. Il dettaglio dei siti è nell'appendice di questo certificato

Bureau Veritas Italia spa certifica che il sistema di gestione dell'organizzazione sopra indicata è stato valutato e giudicato conforme ai requisiti della norma di sistema di gestione seguente

Norma

ISO 14001:2004

Campo di applicazione

Produzione e vendita di prodotti in laterizio tramite movimentazione e miscelazione delle materie prime, estrusione, essiccazione e cottura. Coltivazione di cave di argilla.

Settore/i EA di attività: **02, 15**

Data inizio validità: **28 Novembre 2013**

Soggetto al continuo e soddisfacente mantenimento del sistema di gestione questo certificato è valido fino al: **08 Dicembre 2016**

Data della certificazione originale: **10 Dicembre 2007**

Certificate No. IT223830/UK   Rev. N 1   del: **28 Novembre 2013**

LODOVICO

UKAS MANAGEMENT SYSTEMS 008

Indirizzo dell'organismo di certificazione:
Bureau Veritas Certification Holding SAS- UK Branch,
Brandon House, 180 Borough High Street, London SE1 1LB, United Kingdom
Ufficio locale: Bureau Veritas Italia spa, Via Miramare, 15, 20126 Milano, Italia

© Foto: Uwe Strasser

...per la sostenibilità economica

■ **Ottimizzazione dei processi produttivi** Alimentando la produzione con energia elettrica da fonti rinnovabili e effettuando tutti i recuperi termici tecnologicamente possibili si minimizza l'uso di combustibili fossili durante il ciclo produttivo del laterizio.

Provenienza dell'energia elettrica:
10% fonti rinnovabili
15% cogenerazione

Gli sfridi vengono reimmessi nel ciclo di produzione.

Il calore del forno di cottura viene recuperato ed utilizzato in fase di essiccazione

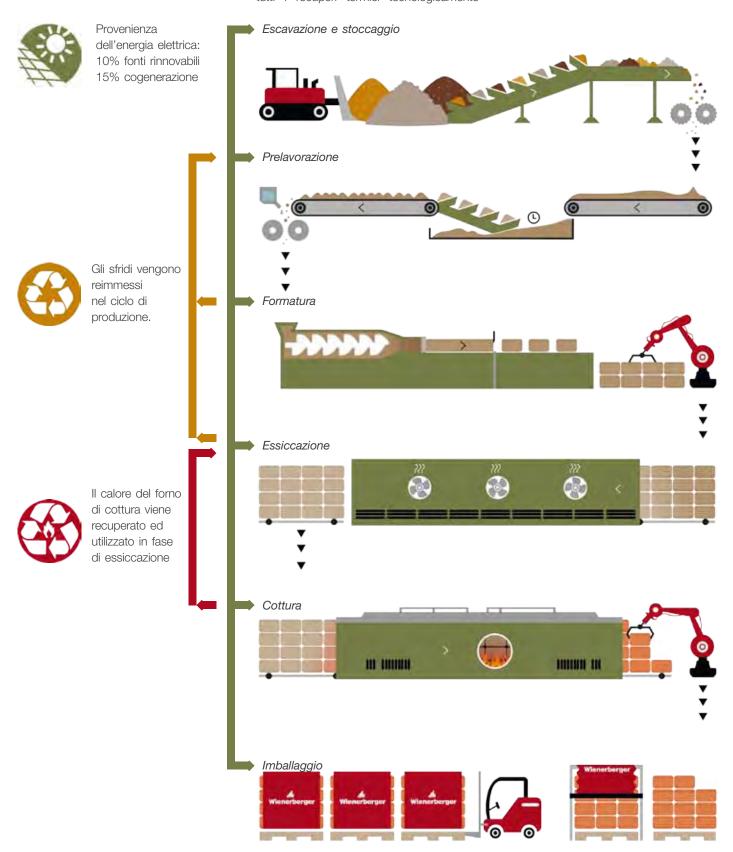
Escavazione e stoccaggio

Prelavorazione

Formatura

Essiccazione

Cottura

Imballaggio

Certificati bianchi

I certificati bianchi, o Titoli di Efficienza Energetica (TEE), sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi energetici negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica.
Il sistema dei certificati bianchi è attualmente normato dal Decreto Ministeriale del 28 dicembre 2012 e prevede che al raggiungimento di determinati obiettivi quantitativi di risparmio energetico, l'azienda che ha presentato il progetto riceva un certificato bianco per ogni tonnellata equivalente di petrolio risparmiata (TEP).
Wienerberger è stato il primo gruppo di produttori di laterizio in Italia (dal 2009) ad ottenere certificati bianchi.

Come si valuta la sostenibilità di un edificio?

La valutazione di sostenibilità deve avvalersi di metodi e strumenti dotati di valenza scientifica per poter ottenere metodologie replicabili e risultati confrontabili.
È necessario che il sistema di valutazione permetta una correlazione con sistemi di certificazione riconosciuti a livello internazionale, ma considerando il contesto climatico, sociale, economico e culturale dell'area in cui è collocato l'edificio.

Esistono diversi sistemi di valutazione della sostenibilità che seguono questi criteri. Tra questi il sistema a punteggio o *rating system*.
Questi sistemi valutano la sostenibilità di un edificio durante il suo intero ciclo di vita scomponendo il processo edilizio in fasi: dalla prima fase di progettazione alla fase finale di dismissione. Vengono quindi attribuiti punteggi pesati a singoli criteri per raggiungere una valutazione finale con relativa certificazione.

Le soluzioni in laterizio offerte oggi da Wienerberger Italia contribuiscono al raggiungimento della Certificazione LEED.

Base
40-49 punti

Argento
50-59 punti

Oro
60-69 punti

Platino
70-79 punti

Certificazione LEED® e requisiti

Il sistema statunitense di classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*), sviluppato dallo U.S. Green Building Council (USGBC), fornisce un insieme di standard e di misure per valutare le costruzioni sostenibili dal punto di vista ambientale.
Esistono sette sezioni organizzate in prerequisiti e crediti.
La somma dei punteggi dei crediti determina il livello di certificazione dell'edificio. Su 110 punti disponibili nel sistema di rating LEED®, almeno 40 devono essere ottenuti per il livello base di certificazione: 40-49 punti certificazione base, 50-59 Argento, 60-69 Oro, 70-79 Platino.

Il protocollo GBC Italia attualmente disponibile è LEED® 2009 Italia Nuove costruzioni e ristrutturazioni.

SOSTENIBILITA' DEI SITI

Prerequisito SS1: Prevenzione dell'inquinamento da attività da cantiere

L'utilizzo dei pezzi speciali a misura delle linee Porotherm riduce la necessità di eseguire tagli e scassi in cantiere e di conseguenza minimizza la dispersione di polveri durante le lavorazioni.

ENERGIA E ATMOSFERA

Prerequisito EA2: Prestazioni energetiche minime - **Credito EA 1**: ottimizzazione delle prestazioni energetiche

Le soluzioni Wienerberger, grazie alla modalità costruttiva cosiddetta massiva, contribuiscono al contenimento dei consumi energetici per la climatizzazione invernale e per quella estiva, grazie all'elevata inerzia termica.

MATERIALI E RISORSE

Crediti MR 1.1 e MR 1.2: Riutilizzo degli edifici

Le soluzioni Wienerberger si contraddistinguono per l'eccezionale durabilità dei componenti aumentando la vita utile degli edifici di cui fanno parte

Credito MR 4: Contenuto di riciclato

Grazie all'utilizzo di materiale riciclato di pre-consumo, Wienerberger contribuisce a ridurre gli impatti derivanti dall'estrazione e dalla lavorazione di materiali vergini.

Credito MR 5: Materiali regionali

Wienerberger promuove l'utilizzo di risorse locali per la produzione delle proprie soluzioni, in modo da ridurre l'impatto sull'ambiente.

QUALITA' AMBIENTALE INTERNA

Credito QI 3.1: Gestione della qualità dell'aria interna in fase costruttiva

I sistemi Wienerberger sono pensati per minimizzare la produzione di polveri, garantendo un cantiere pulito e senza sprechi.

INNOVAZIONE NELLA PROGETTAZIONE

Prerequisito IEQ 3: Minimum Acustical Performance

Wienerberger propone soluzioni certificate in laboratorio e di cantiere per soddisfare i requisiti acustici definiti dalla normativa.

Certificazione ITACA e requisiti

Il Protocollo ITACA è uno strumento di valutazione a carattere nazionale, riconosciuto da tutte le Regioni italiane ed utilizzato sia nel contesto pubblico che in quello privato. Il Protocollo, sviluppato nell'ambito di ITACA dal Gruppo di lavoro interregionale per l'Edilizia Sostenibile, con il supporto tecnico scientifico di iiSBE Italia e ITC-CNR, è basato sullo strumento di valutazione internazionale *SBTool*, dal gruppo di ricerca *Green Building Challenge*. Accanto alla versione nazionale nel corso degli anni sono stati sviluppati dalle Regioni diverse versioni di Protocolli ITACA che attuano specifiche politiche regionali in materia.
Il Protocollo ITACA nazionale, aggiornato al 2011, prevede 5 categorie di edifici certificabili: residenziale, uffici, edifici commerciali, edifici scolastici, edifici industriali.

Articolazione dello strumento di valutazione

Esistono cinque aree di valutazione
1. Qualità del sito
2. Consumo di risorse
3. Carichi ambientali
4. Qualità ambientale indoor
5. Qualità del servizio

A loro volta suddivise in categorie composte da criteri. Ogni criterio viene valutato secondo una scala da -1 a +5.

-1	Prestazione inferiore allo standard e alla pratica costruttiva corrente
0	Prestazione minima accettabile definita da leggi o regolamenti vigenti. Rappresenta la pratica costruttiva corrente
+1	Lieve miglioramento rispetto alla pratica costruttiva corrente
+2	Moderato miglioramento rispetto alla pratica costruttiva corrente
+3	Significativo miglioramento rispetto alla pratica costruttiva corrente
+4	Moderato incremento della migliore pratica costruttiva corrente
+5	Prestazione considerevolmente avanzata

La progettazione a regola d'arte unita ai prodotti Wienerberger contribuisce ad ottenere elevati punteggi nei criteri di seguito riportati. Per un totale di 7 criteri che contribuiscono circa al **27% del punteggio totale**.

CONSUMO DI RISORSE	
B.1.2	**Energia primaria per il riscaldamento** Ridurre il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento
B.6.2	**Energia netta per il raffrescamento** Ridurre il fabbisogno energetico ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche in particolare relativamente all'involucro
B.6.3	**Trasmittanza termica dell'involucro edilizio** Ridurre lo scambio termico per trasmissione durante il periodo invernale
B.6.5	**Inerzia termica dell'edificio** Mantenere buone condizioni di comfort termico negli ambienti interni nel periodo estivo, evitando il surriscaldamento dell'aria
QUALITA' AMBIENTALE INDOOR	
D.3.2	**Temperatura dell'aria nel periodo estivo** Mantenere un livello soddisfacente di comfort termico durante il periodo estivo
D.5.6	**Qualità acustica dell'edificio** Protezione dai rumori esterni ed interni all'edificio
QUALITA' DEL SERVIZIO	
E.6.1	**Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio** Assicurare che attraverso il progetto di particolari e dettagli costruttivi sia ridotto al minimo il rischio di formazione e accumulo di condenza interstiziale dell'involucro.

Risparmio energetico
Quadro normativo e progettazione

Quadro normativo italiano sul risparmio energetico

Direttiva 2002/91/CE (EPBD)
Energy performance of Building Directive
Sul rendimento energetico nell'edilizia

D. Lgs. 192/2005
Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia (recepimento Direttiva 2002/91/CE)

D. Lgs. 311/2006
Disposizioni correttive e integrative al Decreto Legislativo 192/2005

D.P.R. 59/2009
Regolamento di attuazione dell'Articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del Decreto Legislativo 192/2005 concernente attuazione della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia

D.M. 26/06/2009
Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici

Direttiva 2010/31/UE (EPBD recast)
Energy performance of Building Directive "recast"
Sulla prestazione energetica nell'edilizia

Direttiva 2012/27/UE
Sull'efficienza energetica

L. 03/08/2013 n. 90 (Legge 90)
Conversione in legge del Decreto 63/2013 (Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione Europea, nonché altre disposizioni in materia di coiesione sociale)

UNI/TS 11300:2014 (1-2-3-4)
Prestazioni energetiche degli edifici

Quadro generale e finalità dei provvedimenti

La Direttiva Europea **2002/91/CE**, detta **EPBD** (*Energy Perfomance of Building Directive*), è stata emanata con l'obiettivo di migliorare le prestazioni energetiche del settore civile, da anni causa dei maggiori consumi negli usi finali di energia e delle maggiori emissioni di gas climalteranti a livello europeo e nazionale. Essa è stata recepita in Italia con il decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 (**D.Lgs. 192/2005**) che ha introdotto i requisiti energetici minimi per le nuove costruzioni e quelle sottoposte a ristrutturazioni.
La direttiva **2010/31/UE**, anche nota come "**EPBD recast**" o direttiva "**20-20-20**", aggiorna i principi relativi al miglioramento della prestazione energetica degli edifici. Essa ha introdotto un meccanismo di analisi comparativa con il proposito di determinare livelli ottimali di costo da utilizzare come metro per la formulazione di prescrizioni energetiche in ambito edilizio e impone infatti, agli Stati membri, che i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici o delle unità immobiliari siano definiti in un'ottica di raggiungimento dei livelli ottimali del rapporto tra costo e beneficio.
Le novità introdotte nel quadro normativo da tale direttiva, sono state apportate al D. Lgs. 192/2005 per mezzo del decreto legge 4 giugno 2013, n. 63, convertito con la legge 3 agosto 2013, n. 90 (**L. 90/2013**).

Per quanto concerne il miglioramento della prestazione energetica degli edifici nuovi, il provvedimento è articolato in due fasi. La prima fase entrerà in vigore dal **1 luglio 2015** introducendo dei nuovi e più sfidanti requisiti minimi. La seconda fase entrerà in vigore il **1 gennaio 2019** per gli edifici pubblici e il **1 gennaio 2021** per tutti gli altri edifici e comporterà un ulteriore miglioramento dei requisiti minimi per gli edifici di nuova costruzione, che saranno così definiti "*a energia quasi zero*".
I nuovi edifici a energia quasi zero arriveranno a consumare meno della metà di quelli attuali, rimanendo sostenibili in termini di costi di investimento e coprendo una buona parte dei fabbisogni per mezzo dell'utilizzo delle fonti rinnovabili.

Il calcolo della prestazione energetica dell'edificio

La L. 90/2013 aggiorna il **calcolo della prestazione energetica degli edifici** determinata ora sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione e gli impianti ascensori e scale mobili.
I parametri energetici di riferimento in tal senso sono riassunti nella tabella che segue.

L. 90/2013 - Tabella 3 - Allegato 1 - Cap. 3 - Parametri e indici di prestazione energetica per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio		
H'_T	[W/m²K]	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie
EP_H	[kWh/m²]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale
EP_W	[kWh/m²]	indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria
EP_V	[kWh/m²]	indice di prestazione energetica per la ventilazione
EP_C	[kWh/m²]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva
EP_L	[kWh/m²]	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
EP_{gl}	[kWh/m²]	indice di prestazione energetica globale dell'edificio

In particolare, devono risultare rispettate le seguenti verifiche

- **$H'_T < H'_T$ limite**
  (vedi Tabella 10 - Appendice A)

  con

$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k} \quad [W/m^2K]$$

dove

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tener conto della differenza di temperatura interno - esterno, espresso in W/K

A_k è la k-esima area della zona considerata, espressa in m²

- **$EP_{gl} < EP_{gl}$ limite**
  (dell'edificio di riferimento - pag. 30 del presente manuale)

  con

$$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_V + EP_C + EP_L$$

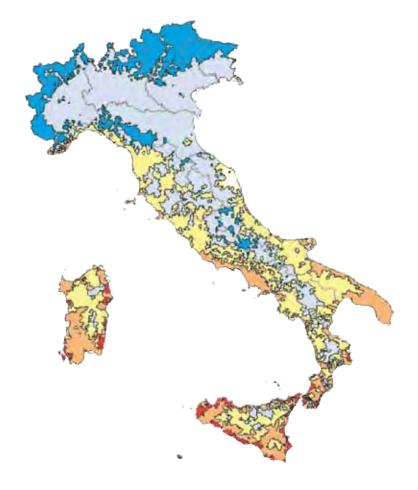
L. 90/2013 - Tabella 10 - Appendice A - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T					
RAPPORTO DI FORMA (S/V)	*Zona climatica*				
	A e B	C	D	E	F
S/V ≥ 0,7	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
0,7 > S/V ≥ 0,4 (*)	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
0,4 > S/V	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Ampliamenti e ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

(*) Nell'intervallo di S/V compreso tra 0,7 e 0,4 si procede per interpolazione lineare

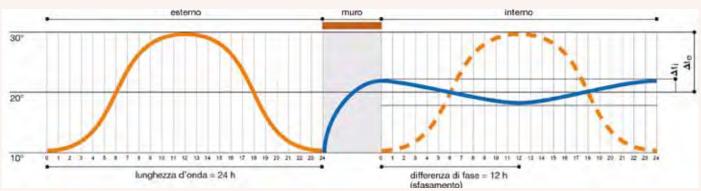
Nella Tabella 10 viene quindi associato il valore limite di H'_T alla tipologia di forma dell'edificio in funzione della zona climatica di riferimento. Per **zona climatica** si intende una non precisata area di territorio nazionale all'interno della quale si stabilisce la quantità di riscaldamento che quest'area riceve durante l'anno solare. Ogni Comune del territorio nazionale è stato inserito in una corrispettiva zona climatica secondo il D.L. 26/08/93 n. 412. L'unità di misura utilizzata per l'individuazione della zona climatica di appartenenza di ciascun Comune è il **grado-giorno**, ovvero la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera.

Zone climatiche		Gradi giorno
	ZONA A	fino a 600
	ZONA B	da 600 a 900
	ZONA C	da 900 a 1400
	ZONA D	da 1400 a 2100
	ZONA E	da 2100 a 3000
	ZONA F	oltre 3000

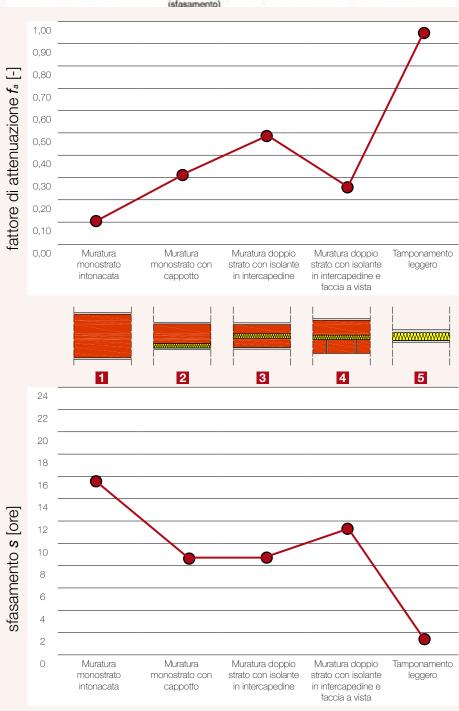
Oltre a questo, per limitare i fabbisogni energetici per la **climatizzazione estiva** e contenere la temperatura interna degli ambienti, è necessario eseguire (a eccezione della zona climatica F e per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, sia maggiore o uguale a 290 W/m²) almeno una delle seguenti verifiche:

- Che il valore della massa superficiale **Ms sia superiore a 230 Kg/mq**
- Che la trasmittanza termica periodica **Y_{IE} sia inferiore a 0,10 W/mq K**

Queste verifiche, necessarie per garantire un'elevata **inerzia termica** all'involucro dell'edificio, accrescono i benefici sul comfort interno nelle stagioni più calde (gli ambienti interni risultano più freschi) e, in generale, durante tutto l'anno, in quanto gli ambienti interni tendono a mantenere le temperature invariate per più tempo.
Viene in altre parole garantito un valore più elevato di **sfasamento** (**s**) dell'onda termica e una maggiore **attenuazione** (**f_a**) della stessa dove, con il termine di "sfasamento" si indica, in regime estivo, il ritardo nella trasmissione di calore dall'esterno all'interno dell'abitazione, e con "attenuazione", di quanto viene smorzata l'onda termica, cioè il delta di temperatura tra esterno ed interno (Δte - Δti).

Si veda il *"FOCUS: l'importanza dell'inerzia termica"* pagina 28

Focus: l'importanza dell'inerzia termica in regime estivo

Per dimostrare l'importanza della massa (e quindi dell'inerzia termica) come caratteristica peculiare della muratura per garantire un buon livello di comfort all'interno dei locali abitati, si riporta, a titolo di esempio, uno studio realizzato dal Politecnico di Milano e riportato sulla guida ANDIL "Raccomandazioni per la progettazione di edifici energeticamente efficienti" - Edizioni Laterservice. Nello studio, oltre ad analizzare i comportamenti termo-fisici di diversi materiali da costruzione, si esegue una valutazione approfondita sulle soluzioni murarie in laterizio dove si analizzano, secondo la UNI EN ISO 13786, i valori di sfasamento "s" (ritardo nel passaggio dell'onda termica all'interno della muratura) e di attenuazione "fa" (delta di temperatura tra interno ed esterno) dell'onda termica delle seguenti stratigrafie murarie:

1. Monostrato in blocchi forati
2. Muratura in blocchi forati con cappotto
3. Doppia muratura in blocchi forati con isolante in intercapedine
4. Doppia muratura in blocchi forati e faccia a vista con isolante in intercapedine
5. Soluzione leggera con solo isolante

Queste stratigrafie presentano lo stesso valore di trasmittanza termica, cioè hanno lo stesso comportamento termico in regime strazionario ma, avendo masse superficiali differenti, presentano differenti valori di sfasamento (12 ore sono generalmente considerate un valore ottimale) e attenuazione; in particolare, **murature più pesanti presentano caratteristiche dinamiche migliori rispetto al tamponamento leggero** o, in genere, alle murature che utilizzano molto isolante.

Focus: la prestazione termica della muratura

La **prestazione termica di una muratura** dipende dal tipo e dalla conducibilità termica "λ" dei materiali che la compongono. Prendendo in considerazione una muratura di blocchi in laterizio, occorre tenere presente che questa muratura sarà formata da laterizio e malta.

La conducibilità termica di un laterizio tradizionale è pari a circa 0,36 W/mK, mentre quella della malta comune utilizzata per l'incollaggio dei blocchi è circa 0,9 W/mK, e cioè circa 3 volte più alta rispetto a quella del laterizio.
Ciò significa che, **più malta c'è all'interno della muratura**, più questa conduce calore e, di contro, **meno è prestazionale termicamente.**
Può quindi capitare che, a parità di blocco, si possano ottenere sulla stessa parete prestazioni di conducibilità termica diversa a seconda che lo spessore del giunto di malta sia più o meno sottile (vedi approfondimento "*I giunti di malta nelle murature*" nel capitolo "*Costruzioni in muratura - quadro normativo e progettazione*" pagina 65).
Si definisce quindi la conducibilità in

$\lambda_{10,dry,unit}$ conducibilità a secco del solo blocco in laterizio

λ_{equ} conducibilità termica della muratura comprensiva dell'influenza dei giunti di malta.

Le schede tecniche Wienerberger dei blocchi NON rettificati, mostrano valori di conducibilità della muratura (λ_{equ}) diversi per lo stesso tipo di blocco: viene considerato un giunto di malta tradizionale di 12 mm continuo, uno di 7 mm interrotto, e uno con malta termica sempre di 12 mm. E' sufficiente passare da un giunto di 12 mm a uno di 6 o 7 mm interrotto per migliorare sensibilmente la prestazione termica della muratura.

I blocchi rettificati della gamma Porotherm PLAN, invece, **vengono posati con un giunto di malta speciale di appena 1 mm di spessore**, per cui l'incidenza della malta sulla peggiorazione termica del valore di conducibilità della muratura è praticamente trascurabile. Grazie a questo, i blocchi Porotherm PLAN garantiscono una prestazione termica fino a un 30% superiore rispetto ai blocchi tradizionali posati a malta.

In merito all'utilizzo dei valori di conducibilità termica equivalenti di TUTTI i prodotti presenti in commercio, occorre sottolineare che essi devono essere maggiorati in relazione all'incidenza dell'umidità sulle prestazioni termiche nelle condizioni di esercizio. Nella norma UNI EN 1745 si presuppone l'uso del valore λ_{equ}, incrementato di una determinata percentuale definita dal progettista. Si prescrive un aumento del 6% per ogni punto percentuale di umidità di equilibrio della parete. A tale riguardo si fa riferimento all UNI EN ISO 10456 che indica come valore di umidità di equilibrio del laterizio un 1,2%. Quindi, la maggiorazione da applicare è 6% x 1,2% cioè 7,2%.

E' bene però considerare che tale percentuale di maggiorazione è da adottare per murature **posate a regola d'arte**, cioè posate come da indicazioni dei certificati termici dei produttori. Se si considera il valore di conducibilità di una muratura realizzata con blocchi rettificati non sorgono problemi perché la posa risulta perfetta e i giunti di appena 1 mm; **per i blocchi NON rettificati**, invece, **è opportuno maggiorare i valori di conducibilità termica anche di un 20-30%** se ci si riferisce alla conducibilità termica ottenibile con un giunto di 6-7 mm, in quanto difficilmente realizzabile in cantiere.

Differenza di giunto di malta nella versione Porotherm PLAN (a sinistra) e blocco a incastro NON rettificato (a destra)

L'edificio di riferimento

Per il calcolo della classificazione energetica del fabbricato si introduce il concetto di **edificio di riferimento**, con il quale si intende un edificio identico a quello che viene progettato in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti) ma con caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati conformemente ai valori energetici limite esplicitati sulla L. 90/2013 - Appendice A - Allegato 1.
In particolare, riguardo ai parametri riferiti alla muratura, si determinano i valori caratteristici della trasmittanza termica U comprensiva degli effetti dei ponti termici.

con

$$U = 1 / \sum_j (s_j / \lambda_j) \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

dove

s_j è lo spessore del j-esimo strato che compone la muratura, espresso in m

λ_j è la conducibilità termica del j-esimo strato che compone la muratura, espressa in W/mK

Vanno inoltre verificati i limiti del coefficiente globale di scambio termico H'_T che deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato sulla tabella 10 - Appendice A della L. 90/2013 descritto a pagina 27 del presente manuale.

L. 90/2013 - Tabella 1 - Appendice A - Valori limite di trasmittanza per le strutture opache verticali (murature) verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra

Zona climatica	U [W/m²K]				
	Nuove costruzioni			*Riqualificazione energetica*	
	2010[1]	2015[2]	2019/2021[3]	2015[2]	2019/2021[3]
A	0,62	0,45	0,43	0,45	0,40
B	0,48	0,45	0,43	0,45	0,40
C	0,40	0,38	0,34	0,40	0,36
D	0,36	0,34	0,29	0,36	0,32
E	0,34	0,30	0,26	0,30	0,28
F	0,33	0,28	0,24	0,28	0,26
si mantiene, secondo il D.P.R. 59/09, il limite U = 0,8 W/m²K per le pareti divisorie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti					

[1] Limiti di riferimento riferiti al D.Lgs. 192/2005
[2] dal 1 ottobre 2015 per tutti gli edifici
[3] dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici

Ponti termici - cosa cambia con le UNI TS 11300

Per determinare il fabbisogno di energia dell'edificio è necessario andare a definire prima le caratteristiche del suo involucro, calcolando le dispersioni termiche verso l'esterno per trasmissione e ventilazione.
Nei particolari riguardi della muratura, si parte calcolando le dispersioni termiche per trasmissione che, per il riscaldamento, si definiscono come

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

dove

H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno, espresso in W/K

H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno, espresso in W/K

H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati, espresso in W/K

H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa, espresso in W/K

All'interno dei singoli coefficienti di scambio termico è necessario andare a considerare anche la presenza dei ponti termici (travi, cordoli, pilastri...) e si procede quindi valutando i valori di trasmittanza dei singoli elementi componenti la muratura

$$H_D = \sum_i U_i A_i + \sum_k \Phi_k \lambda_k$$

dove

U_i è la trasmittanza termica del i-esimo strato di involucro, espressa in W/m²K

A_i è l'area dell'i-esimo strato di muro, espressa in m²

Φ_k è la trasmittanza termica lineica del k-esimo ponte termico, espressa in W/mK

λ_k è la lunghezza del ponte termico k-esimo, espressa in m

Il D.Lgs. 192/05 consentiva una **semplificazione** del calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione H_D che consisteva nel valutare il ponte termico automaticamente corretto, se la trasmittanza termica in corrispondenza dello stesso risultava **non superiore al 15%** in più della trasmittanza della stratigrafia muraria; viceversa era sufficiente andare a calcolare la trasmittanza termica media delle strutture opache verticali, in modo che la stessa risultasse inferiore al valore limite della tabella 2.1 dell'allegato C del D. Lgs. 311/06.

Con l'entrata in vigore delle UNI TS 11300 (parte 1 e 2) si modifica la valutazione dei ponti termici nel calcolo sulla dispersione energetica dell'edificio; dal 2 ottobre 2014 **i ponti termici devono essere valutati solamente attraverso i coefficienti lineici**: si dice addio all'impiego dell'aliquota semplificata del 15% e all'utilizzo dell'abaco della norma UNI EN ISO 14683 e si utilizza la formula di calcolo estesa per ogni ponte termico.

I coefficienti lineici possono essere determinati mediante calcolo agli elementi finiti delle stratigrafie murarie o con atlanti dei ponti termici realizzati in accordo con la UNI EN ISO 14683.

Edifici a energia quasi zero "nZEB"

I Decreti Attuativi della L. 90/2013 specificano anche il concetto di "Edificio a Energia Quasi Zero", che diventerà il nuovo termine di riferimento per la progettazione degli edifici in Italia dal 2020 in poi. Sono considerati "Edifici a Energia Quasi Zero" tutti gli edifici, di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati:

1. tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del comma 2 par. 3.3 del decreto requisiti minimi e cioè

- **$H'_T < H'_T$ limite**
  (vedi Tabella 10 - Appendice A)

- **$A_{sol,est} / A_{sup\ utile} < A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$ limite**
  (vedi Tabella 11 - Appendice A)

- **$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$**
  $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$
  $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$
  come specificato alla lettera l-novies del comma 1, dell'articolo 2 del D. Lgs. secondo i limiti delle tabelle del Capitolo 1, appendice A

- **$\eta_H > \eta_{H,limite}$**
  $\eta_W > \eta_{W,limite}$
  $\eta_C > \eta_{C,limite}$
  come definito alla lettera l-novies del comma 1, dell'articolo 2 del D. Lgs. secondo i limiti delle tabelle 7 e 8 dell'appendice A

2. gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'allegato 3, par. 1, lettera c del D.lgs 3 Marzo 2011 n. 28

Il calcolo della classe energetica - il nuovo APE

Accanto alla L. 90/2013, riferita ai nuovi requisiti minimi degli edifici in ottica "EPBD recast", si inseriscono le "Linee Guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" che, di fatto, rivoluzionano la metodologia di calcolo per la formulazione dell'APE (Attestato di Prestazione Energetica) degli edifici introducendo un nuovo strumento che sia un unico riferimento a livello nazionale.

Il nuovo APE riporta per ogni edificio (o unità immobiliare) le informazioni di seguito elencate:

- la prestazione energetica globale (energia primaria totale e energia primaria non rinnovabile)
- la classe energetica
- la qualità energetica del fabbricato riferita ai consumi energetici per il riscaldamento e il raffrescamento
- i valori dei requisiti minimi di riferimento
- le emissioni di CO_2
- l'energia prodotta
- le raccomandazioni per gli eventuali interventi di miglioramento energetico

Le Linee Guida per la compilazione del nuovo APE entreranno in vigore a decorrere dal 1° Ottobre 2015 con indicazioni più dettagliate formulate da ENEA entro 18 mesi dall'entrata in vigore del Decreto.

Con il nuovo APE, la prestazione energetica dell'edificio si determina sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio $EP_{gl,nr}$ (definito al par. 3.3 dell'Allegato 1 del decreto Requisiti Minimi), per mezzo del confronto con una scala di classi prefissate, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica ben definito dove, con la lettera A, si identifica il livello di prestazione energetica migliore a sua volta suddiviso in una scala da 1 (prestazione più bassa della classe A) a 4 (prestazione migliore in assoluto) - Tabella 2. Un apposito spazio sull'attestato identificherà se l'edificio è ad energia quasi zero come specificato nell'Allegato 1, par. 3.4 del decreto requisiti minimi.
La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento $EP_{gl,nren,rif,standard\ (2019/21)}$ calcolato secondo quanto previsto dal dall'allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, dotandolo delle tecnologie standard di impiantistica indicate in Tabella 1. Questo valore è il limite di separazione tra le classi A1 e B
Si calcola quindi il valore $EP_{gl,nr}$ per l'edificio oggetto dell'attestazione e si individua la classe energetica da attribuire all'edificio in base alla tabella 2.
Si specifica che, l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale, il che significa che l'edificio di riferimento sarà idealmente dotato degli impianti standard indicati nella Tabella 1 (Tecnologie standard dell'edificio di riferimento) previsti poi per l'edificio reale ad esclusione degli impianti per la climatizzazione invernale e per la produzione di a.c.s. che sono sempre considerati presenti nell'edificio di riferimento.
Diventa pertanto fondamentale, a prescindere dal tipo di impianto che si sceglie di utilizzare nell'edificio reale, la scelta di involucro prestazionale che rispetti i limiti indicati sul Decreto requisiti minimi.

Estratto linee guida nazionali - Tabella 2 - Scala di classificazione degli edifici sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nr}$

	Classe A4	$\leq 0,40\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$0,40\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe A3**	$\leq 0,60\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$0,60\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe A2**	$\leq 0,80\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$0,80\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe A1**	$\leq 1,00\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$1,00\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe B**	$\leq 1,20\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$1,20\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe C**	$\leq 1,50\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$1,50\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe D**	$\leq 2,00\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$2,00\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe E**	$\leq 2,60\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
$2,60\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)} <$	**Classe F**	$\leq 3,50\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$
	Classe G	$> 3,50\ EP_{gl,nr,Lst\ (2019/21)}$

La prestazione dell'involucro sarà calcolata e analizzata in funzione del riscaldamento invernale e del raffrescamento estivo al netto del rendimento degli impianti presenti definendo la qualità della stessa secondo gli indicatori della Tabella 3 per l'inverno e della Tabella 4 per l'estate.

Estratto linee guida nazionali - Tabella 3 - Indicatore della prestazione energetica invernale dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti

Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore
$EP_{H,nd} \leq 1 \times EP_{H,nd,limite\ (2019/21)}$	alta	
$EP_{H,nd,limite\ (2019/21)} \leq EP_{H,nd} \leq 1,7 \times EP_{H,nd,limite\ (2019/21)}$	media	
$EP_{H,nd} > 1,7 \times EP_{H,nd,limite\ (2019/21)}$	bassa	

Estratto linee guida nazionali - Tabella 4 - Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti

Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est} / A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta	
$A_{sol,est} / A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media	
$A_{sol,est} / A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est} / A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa	

Logo Regione

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO: VALIDO FINO AL:

DATI GENERALI

Destinazione d'uso

- ☐ Residenziale
- ☐ Non residenziale

Classificazione D.P.R. 412/93: ______

Oggetto dell'attestato

- ☐ Intero edificio
- ☐ Unità immobiliare
- ☐ Gruppo di unità immobiliari

Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: ________

- ☐ Nuova costruzione
- ☐ Passaggio di proprietà
- ☐ Locazione
- ☐ Ristrutturazione importante
- ☐ Riqualificazione energetica
- ☐ Altro: ________________

Dati identificativi

FOTO EDIFICIO

Regione :
Comune :
Indirizzo :
Piano :
Interno :
Coordinate GIS :

Zona climatica :
Anno di costruzione :
Superficie utile riscaldata (m^2) :
Superficie utile raffrescata (m^2) :
Volume lordo riscaldato (m^3) :
Volume lordo raffrescato (m^3) :

Comune catastale							Sezione			Foglio				Particella						
Subalterni	da		a			da		a			da		a			da		a		
Altri subalterni																				

Servizi energetici presenti

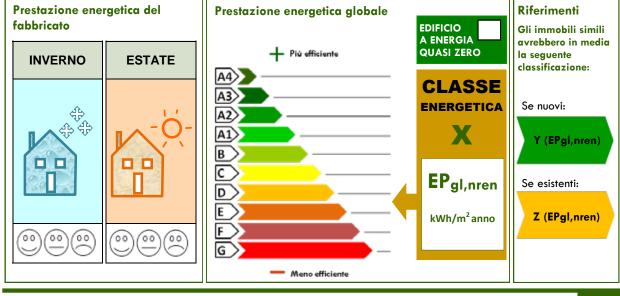
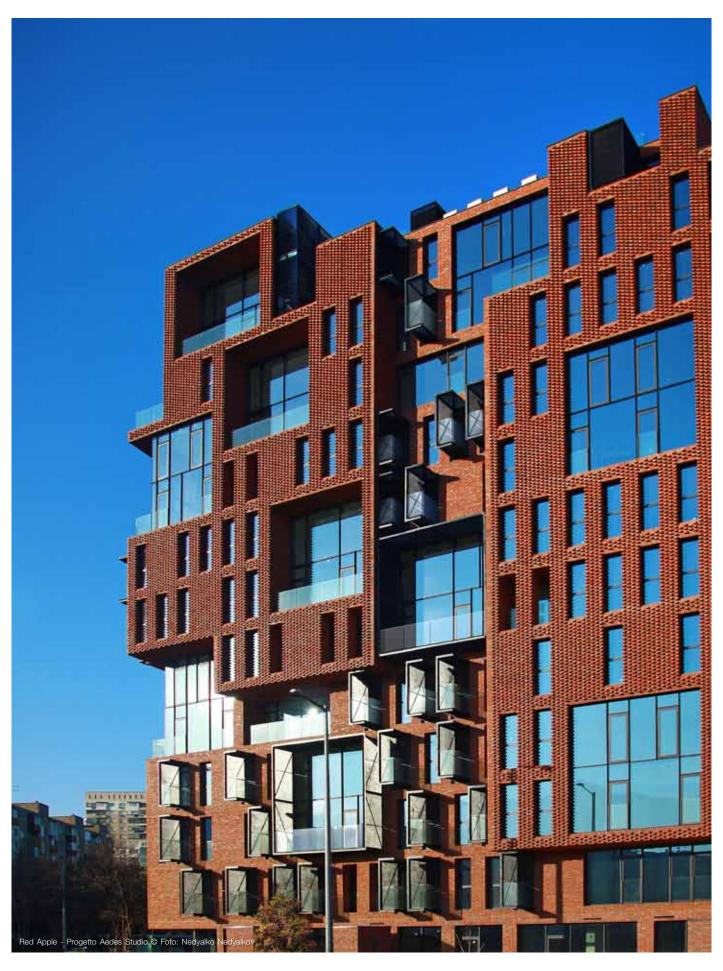
- ☐ Climatizzazione invernale
- ☐ Climatizzazione estiva
- ☐ Ventilazione meccanica
- ☐ Prod. acqua calda sanitaria
- ☐ Illuminazione
- ☐ Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

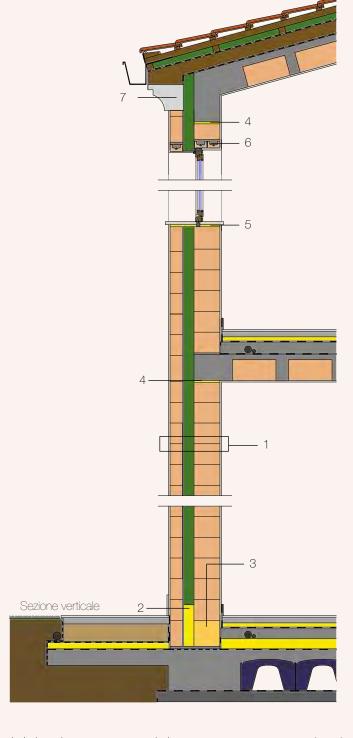
Pag. 1

Fac-simile nuovo APE 2015 - Intestazione

Red Apple - Progetto Aedes Studio © Foto: Nedyalko Nedyalkov

Dettagli tecnici

Nelle pagine che seguono vengono presentate alcune soluzioni Wienerberger sulla realizzazione di murature portanti sismiche, armate e di tamponamento; monostrato, pluristrato e blocco + cappotto. Si analizza anche la correzione dei ponti termici nelle varie configurazioni: in corrispondenza di pilastri, angoli e travi di bordo, con un approfondimento finale sugli attacchi a terra e sulla soluzione Wienerberger per la riqualificazione degli edifici esistenti. Le stratigrafie presentate sono indicate per la realizzazione di edifici a forte risparmio energetico (classe A o nZEB).

Muratura pluristrato

Tamponamento: Pth BIO PLAN 25 + Pth BIO PLAN 12

Pth BIO PLAN 25-30/19,9
blocco rettificato a incastro
foratura: 45% (portante sismico)
dimensioni: 25x30x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,15 W/mK
massa superficiale: 223,3 Kg/m²

Pth BIO PLAN 12-50/19,9
tramezza rettificata a incastro
foratura: 45%
dimensioni: 12x50x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,18 W/mK
massa superficiale: 113,5 Kg/m²

Pth PLANA⁺ 25 - 0,07
rettificato riempito lana di roccia
per l'attacco a terra
dimensioni: 25x37,5x24,9 cm
conducibilità: λ = 0,077 W/mK
massa superficiale: 189 Kg/m²

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; POROTHERM BIO PLAN 12; ARIA; PANNELLI IN LANA DI ROCCIA; BARRIERA AL VAPORE; POROTHERM BIO PLAN 25; INTONACO INTERNO BASE CALCE

2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE

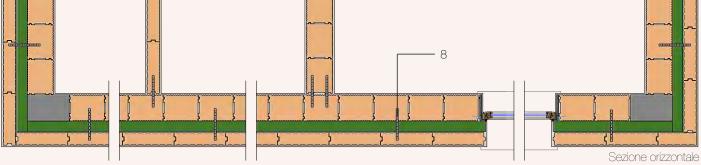
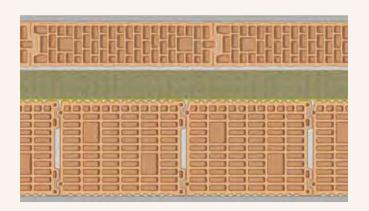
3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA DELLA MURATURA: SI PROPONE L'UTILIZZO DEL BLOCCO RETTIFICATO RIEMPITO CON LANA DI ROCCIA PTH PLANA⁺ 25 - 0,07 (VEDI IMMAGINE) PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO

4 - SIGILLATURA DELL'ULTIMO CORSO DI MURATURA SOTTO LA TRAVE DA REALIZZARSI CON MALTA TERMICA O SCHIUMA POLIURETANICA AD ALTA DENSITA'

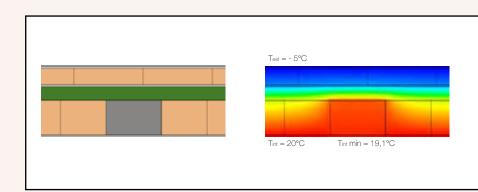
5 - SOTTOBANCALE ISOLATO

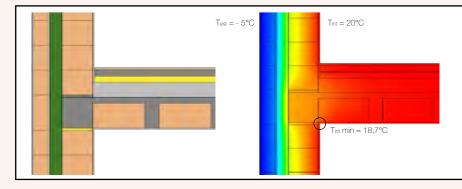
6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI

7 - ELEMENTO PREFABBRICATO COIBENTATO DI CORNICE PER LA COPERTURA

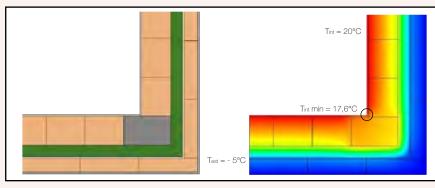
8 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI (QUANTITA' CONSIGLIATA: ALMENO 5 PZ/MQ)

Sezione orizzontale

U = 0,18 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	**Spessore** [mm]	**Conducibilità termica** [W/mK]	**Densità** [Kg/m³]
Intonaco esterno base calce	15	0,54	1400
Pth BIO PLAN 12	120	0,18	860
Aria	10	0,067	-
Pannello isolante lana di roccia*	100	0,035	70
Pth BIO PLAN 25	250	0,15	860
Intonaco interno base calce	15	0,54	1400
TOT	**510**		
Trasmittanza termica [W/m²K]			**0,18**
Massa superficiale [Kg/m²]			**385**
Sfasamento [ore]			**22,98**
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			**0,004**

* accoppiato con telo barriera a vapore

PILASTRO
Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante tra i due strati di muratura. Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri e di collegare i due strati di muratura con gli appositi ancoraggi.

ψ_e = 0,039
verifica condensa OK
verifica muffa OK

TRAVE DI BORDO
Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante tra i due strati di muratura. Si consiglia di sigillare lo spazio che rimane tra l'ultimo corso di blocchi e il cordolo con malta termica o schiuma poliuretanica ad alta densità.

ψ_e = 0,018
verifica condensa OK
verifica muffa OK

ANGOLO
Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante tra i due strati di muratura. Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri

ψ_e = -0,051
verifica condensa OK
verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Muratura blocco + cappotto

Tamponamento: Pth BIO PLAN ETICS

7
4
6
5
4
1
3
Sezione verticale
2

Pth BIO PLAN 30 ETICS
rettificato a incastro per cappotti
foratura: 45% (portante sismico)
dimensioni: 30x25x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,14 W/mK
massa superficiale: 267,8 Kg/m²

Pth PLANA+ 30 - 0,08
blocco rettificato a incastro
per l'attacco a terra
dimensioni: 30x24,8x24,9 cm
conducibilità: λ = 0,08 W/mK
massa superficiale: 214 Kg/m²

Pth Architrave coibentato
pezzo speciale
sp: 30/36,5 cm
lunghezza: da 1 a 3 m
conducibilità: λ = 0,12 W/mK

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - FINITURA ESTERNA DEL CAPPOTTO COMPOSTA DA INTONACHINO, RASANTE, RETE, RASANTE; ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA; POROTHERM BIO PLAN 30 ETICS; INTONACO INTERNO A BASE CALCE

2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE POSIZIONATO IN PROSSIMITA' DEI PRIMI DUE CORSI DI MURATURA

3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA DELLA MURATURA: SI PROPONE L'UTILIZZO DEL BLOCCO RETTIFICATO RIEMPITO CON LANA DI ROCCIA PTH PLANA+ 30 - 0,08 (VEDI IMMAGINE) PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO

4 - SIGILLATURA DELL'ULTIMO CORSO DI MURATURA SOTTO IL CORDOLO DA REALIZZARSI CON MALTA TERMICA O SCHIUMA POLIURETANICA AD ALTA DENSITA'

5 - SOTTOBANCALE ISOLATO

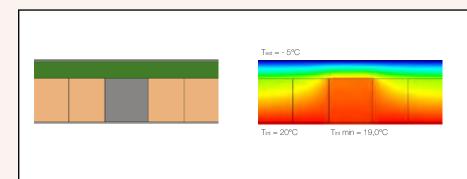
6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON IL PEZZO SPECIALE PTH ARCHITRAVE COIBENTATO (VEDI IMMAGINE)

7 - ELEMENTO PREFABBRICATO COIBENTATO DI CORNICE PER LA COPERTURA

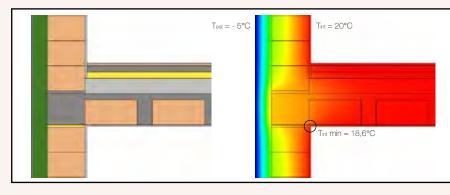
8 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI ESTERNI CON LE TRAMEZZATURE INTERNE

8
Sezione orizzontale

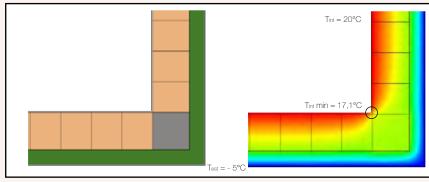
U = 0,17 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	**Spessore** [mm]	**Conducibilità termica** [W/mK]	**Densità** [Kg/m³]
Finitura silossanica cappotto	0,5	0,3	1500
Cappotto in lana di roccia	120	0,036	115
Pth BIO PLAN 30 ETICS	300	0,14	860
Intonaco interno base calce	1,5	0,54	1400
TOT	**440**		
Trasmittanza termica [W/m²K]			**0,17**
Massa superficiale [Kg/m²]			**310**
Sfasamento [ore]			**19,03**
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			**0,041**

PILASTRO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto". Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri per una migliore prestazione acustica.

ψ_e = 0,044
verifica condensa OK
verifica muffa OK

TRAVE DI BORDO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto". Si consiglia di sigillare lo spazio che rimane tra l'ultimo corso di blocchi e il trave con malta termica o schiuma poliuretanica ad alta densità.

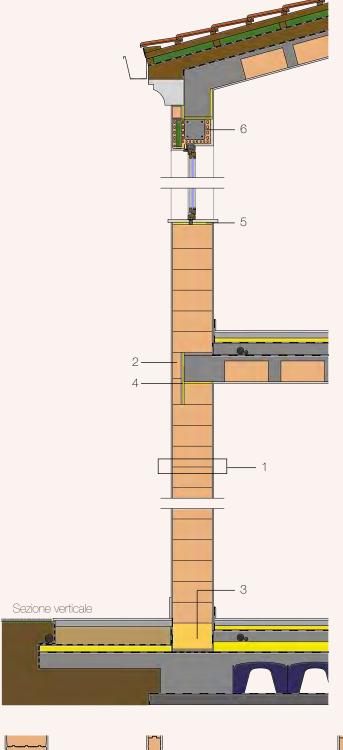
ψ_e = 0,027
verifica condensa OK
verifica muffa OK

ANGOLO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto".
Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri

ψ_e = -0,038
verifica condensa OK
verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Muratura monostrato

Tamponamento: Pth BIO PLAN 38 T - 0,09

Pth BIO PLAN 38 T - 0,09
blocco rettificato a incastro
foratura: 55% (tamponamento)
dimensioni: 38x24x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,09 W/mK
massa superficiale: 302,1 Kg/m²

Mazzetta coibentata
pezzo speciale
per l''isolamento del serramento
profondità: 12/17,5 cm
spessori: 4,5/6 cm
lunghezza: 25 cm

Pth Cordolo getto coibentato
pezzo speciale
spessori: 30/36,5/42,5 cm
lungh. x alt.: 25x23,8 cm
trasmittanza: U = 0,43 W/m²K

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; POROTHERM BIO PLAN 38 T - 0,09; INTONACO INTERNO A BASE CALCE

2 - ELEMENTO IN LATERIZIO DI FINITURA DAVANTI A TRAVI E PILASTRI: SI PROPONE IL BLOCCO PTH BIO PLAN 8 PER UN AMMORSAMENTO IDEALE CON I BLOCCHI RETTIFICATI (VEDI SEZIONE CON PTH BIO PLAN 42,5 T - 0,09)

3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA DELLA MURATURA: SI PROPONE L'UTILIZZO DEL BLOCCO RETTIFICATO RIEMPITO CON LANA DI ROCCIA PTH PLANA+ 38 - 0,06 PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO (VEDI SEZIONE CON CAPPOTTO)

4 - CORREZIONE DEL PONTE TERMICO TRAMITE PANNELLI ISOLANTI CHE CIRCONDANO COMPLETAMENTE TRAVI E PILASTRI

5 - SOTTOBANCALE ISOLATO

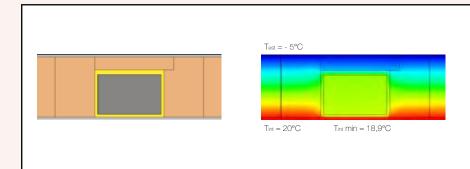
6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON IL PEZZO SPECIALE PTH CORDOLO GETTO COIBENTATO (VEDI IMMAGINE)

7 - MAZZETTA FINESTRA REALIZZATA CON IL PEZZO SPECIALE MAZZETTA COIBENTATA (VEDI IMMAGINE)

8 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI ESTERNI CON LE TRAMEZZATURE INTERNE

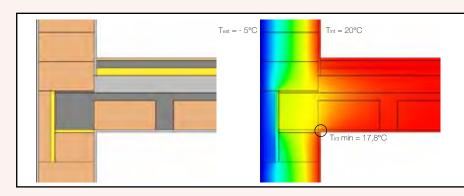
U = 0,23 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	**Spessore** [mm]	**Conducibilità termica** [W/mK]	**Densità** [Kg/m³]
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Pth BIO PLAN 38 T - 0,09	380	0,09	780
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	**410**		

Trasmittanza termica [W/m²K]	**0,23**
Massa superficiale [Kg/m²]	**344**
Sfasamento [ore]	**23,62**
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]	**0,005**

PILASTRO

Il ponte termico viene corretto circondando completamente il pilastro di materiale isolante tipo XPS. Si consiglia l'utilizzo di una tramezza rettificata sull'esterno (BIO PLAN 8) per realizzare la continuità materiale sul lato esterno.

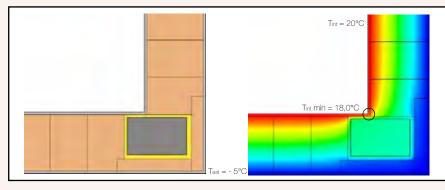
ψ_e = 0,092

verifica condensa OK

verifica muffa OK

TRAVE DI BORDO

Il ponte termico viene corretto posizionando un pannello isolante (XPS) davanti al cordolo e all'ultimo corso della muratura. Si sigilla lo spazio che rimane tra l'ultimo corso di blocchi e la trave con malta termica o schiuma poliuretanica.

ψ_e = 0,072

verifica condensa OK

verifica muffa OK

ANGOLO

Il ponte termico viene corretto circondando completamente il pilastro di materiale isolante tipo XPS. Si consiglia l'utilizzo di una tramezza rettificata sull'esterno (BIO PLAN 8) per realizzare la continuità materiale sul lato esterno.

ψ_e = -0,077

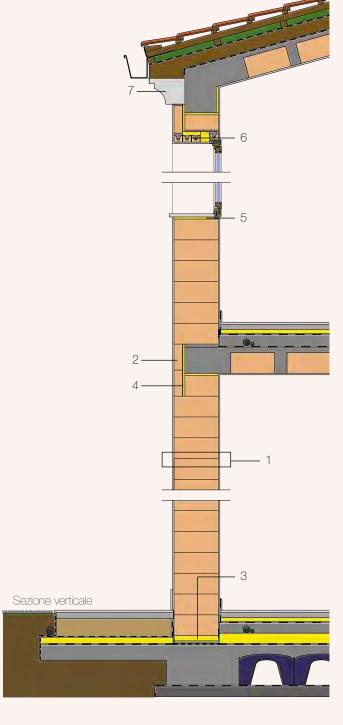
verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Muratura monostrato

Tamponamento: Pth BIO PLAN 42,5 T - 0,09

Sezione verticale

Pth BIO PLAN 42,5 T - 0,09
blocco rettificato a incastro
foratura: 55% (tamponamento)
dimensioni: 42,5x24x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,09 W/mK
massa superficiale: 321,9 Kg/m²

Pth BIO PLAN 8-50/19,9
tramezza rettificata a incastro
foratura: 45%
dimensioni: 8x50x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,19 W/mK
massa superficiale: 80 Kg/m²

Pth Sonico
blocco pesante acustico
foratura: 5% (portante sismico)
dimensioni: 30x24x11,3 cm
fonoassorbimento: 57/59 dB
massa superficiale: 432/546 Kg/m²

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; POROTHERM BIO PLAN 42,5 T - 0,09; INTONACO INTERNO A BASE CALCE

2 - ELEMENTO IN LATERIZIO DI FINITURA DAVANTI A TRAVI E PILASTRI: SI PROPONE IL BLOCCO PTH BIO PLAN 8 PER UN AMMORSAMENTO IDEALE CON I BLOCCHI RETTIFICATI

3 - ELEMENTO ISOLANTE PER LA COIBENTAZIONE DEL PONTE TERMICO SULL'ATTACCO A TERRA: CONSIGLIATO VETRO CELLULARE O XPS AD ALTA DENSITA'

4 - CORREZIONE DEL PONTE TERMICO TRAMITE PANNELLI ISOLANTI CHE CIRCONDANO COMPLETAMENTE TRAVI E PILASTRI

5 - SOTTOBANCALE ISOLATO

6 - ARCHITRAVATURA CLASSICA OPPORTUNAMENTE ISOLATA

7 - ELEMENTO PREFABBRICATO COIBENTATO DI CORNICE PER LA COPERTURA

8 - DIVISORIO ACUSTICO REALIZZATO CON BLOCCO PTH SONICO SEMPLICEMENTE INTONACATO

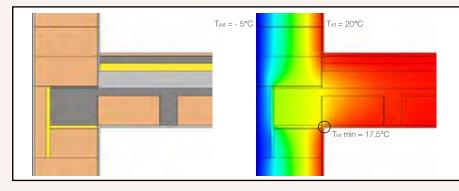
Sezione orizzontale

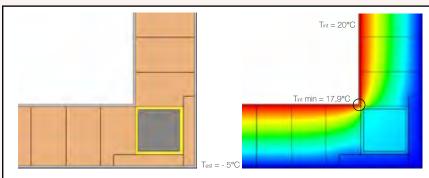
Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	**Spessore** [mm]	**Conducibilità termica** [W/mK]	**Densità** [Kg/m³]
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Pth BIO PLAN 42,5	425	0,09	780
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	**455**		
Trasmittanza termica [W/m²K]			**0,20**
Massa superficiale [Kg/m²]			**364**
Sfasamento [ore]			**24** $^{+3,85}$
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			**0,002**

U = 0,20 W/m²K

T_{est} = - 5°C
T_{int} = 20°C
T_{int} min = 18,9°C

PILASTRO
Il ponte termico viene corretto circondando completamente il pilastro di materiale isolante tipo XPS. Si consiglia l'utilizzo di una tramezza rettificata sull'esterno (BIO PLAN 8) per realizzare la continuità materiale sul lato esterno.

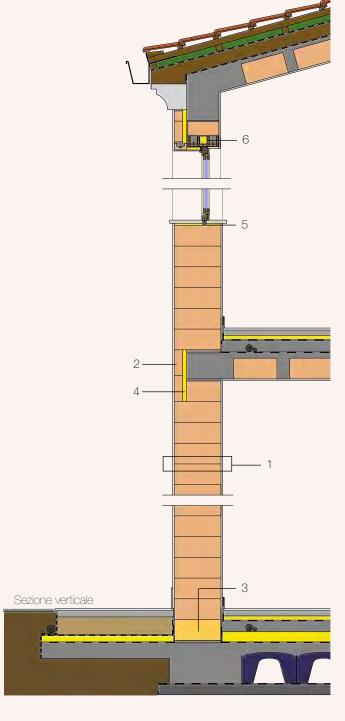
ψ_e = 0,093
verifica condensa OK
verifica muffa OK

TRAVE DI BORDO
Il ponte termico viene corretto posizionando un pannello isolante (XPS) davanti al cordolo e all'ultimo corso della muratura. Si sigilla lo spazio che rimane tra l'ultimo corso di blocchi e la trave con malta termica o schiuma poliuretanica.

ψ_e = 0,111
verifica condensa OK
verifica muffa OK

ANGOLO
Il ponte termico viene corretto circondando completamente il pilastro di materiale isolante tipo XPS. Si consiglia l'utilizzo di una tramezza rettificata sull'esterno (BIO PLAN 8) per realizzare la continuità materiale sul lato esterno.

ψ_e = -0,090
verifica condensa OK
verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Muratura monostrato

Muratura portante sismica: Pth BIO PLAN 45

Pth BIO PLAN 45-25/19,9
blocco rettificato a incastro
foratura: 45% (portante sismico)
dimensioni: 45x25x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,14 W/mK
massa superficiale: 409,5 Kg/m²

Pth BIO PLAN 8-50/19,9
tramezza rettificata a incastro
foratura: 45%
dimensioni: 8x50x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,19 W/mK
massa superficiale: 80 Kg/m²

Pth Architrave coibentato
pezzo speciale
sp: 30/36,5 cm
lunghezza: da 1 a 3 m
conducibilità: λ = 0,12 W/mK

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; POROTHERM BIO PLAN 45; INTONACO INTERNO A BASE CALCE

2 - ELEMENTO IN LATERIZIO DI FINITURA DAVANTI AI CORDOLI DI PIANO: SI PROPONE IL BLOCCO PTH BIO PLAN 8 PER UN AMMORSAMENTO IDEALE CON I BLOCCHI RETTIFICATI

3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI PROPONE L'UTILIZZO DELLO STESSO BIO PLAN 45 RIEMPITO DI MATERIALE COIBENTE (PERLITE O PERLE DI POLISTIROLO)

4 - COIBENTAZIONE DEI CORDOLI DI PIANO DON PANNELLI ISOLANTI TIPO XPS POSIZIONATI ANCHE DAVANTI ALL'ULTIMO CORSO DI MURATURA

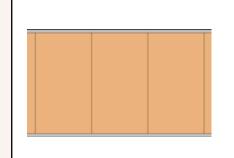
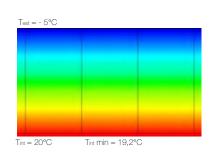
5 - SOTTOBANCALE ISOLATO

6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON IL PEZZO SPECIALE PTH ARCHITRAVE COIBENTATO (VEDI IMMAGINE)

7 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI ESTERNI CON LE TRAMEZZATURE INTERNE

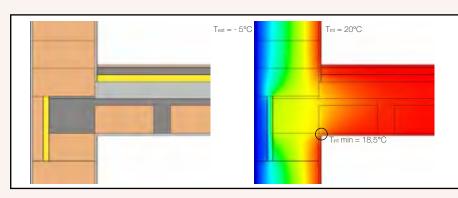
8 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI

U = 0,29 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	**Spessore** [mm]	**Conducibilità termica** [W/mK]	**Densità** [Kg/m³]
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Pth BIO PLAN 45	450	0,14	860
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	**480**		
Trasmittanza termica [W/m²K]			**0,29**
Massa superficiale [Kg/m²]			**451**
Sfasamento [ore]			**24 +0,76**
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			**0,006**

PILASTRO

Per il caso specifico della muratura portante sismica non esistono problemi di ponti termici dovuti ai pilastri in qunto questi risultano assenti.

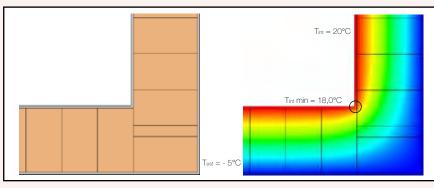
$\psi_e = 0{,}000$

verifica condensa OK

verifica muffa OK

CORDOLO DI PIANO

Il ponte termico viene corretto posizionando un pannello isolante (XPS) davanti al cordolo e all'ultimo corso della muratura. Si sigilli l'ultimo corso della muratura con malta prima del getto.

$\psi_e = 0{,}039$

verifica condensa OK

verifica muffa OK

ANGOLO

L'ammorsamento tra di loro dei blocchi è di per sé sufficiente a correggere il ponte termico presente sull'angolo in quanto, anche in questo punto, non sono presenti pilastri.

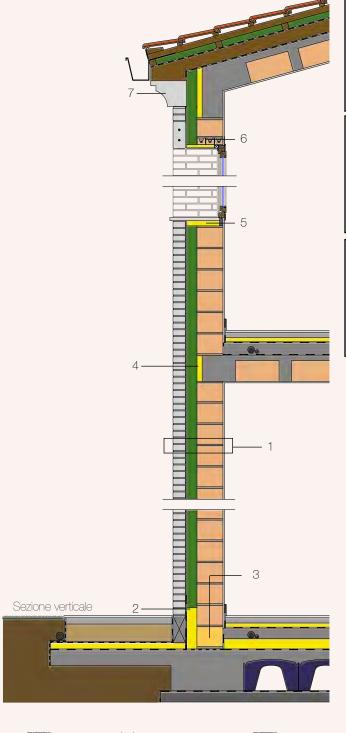
$\psi_e = -0{,}204$

verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Muratura pluristrato

Muratura armata: Pth BIO Evolution 25 + faccia a vista

Pth BIO Evolution 25
blocco per muratura armata
foratura: 45% (portante sismico)
dimensioni: 25x30x19 cm
densità media: 920 Kg/m³
massa superficiale: 266,6 Kg/m²

Pth BIO PLAN 12-50/19,9
tramezza rettificata a incastro
foratura: 45%
dimensioni: 12x50x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,18 W/mK
massa superficiale: 113,5 Kg/m²

Mattone faccia a vista TERCA
fatto a mano
porosità: < 8%
dimensioni: 210x100x50/65 cm
conducibilità: λ = 1,61 W/mK

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - MATTONE FACCIA A VISTA; ARIA; PANNELLO ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA; BARRIERA AL VAPORE; POROTHERM BIO M.A. EVOLUTION 25; INTONACO INTERNO BASE CALCE

2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE POSIZIONATO IN PROSSIMITA' DEI PRIMI DUE CORSI DI MURATURA

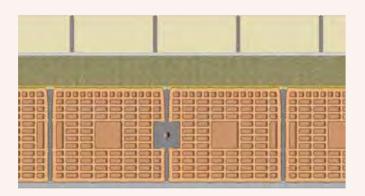
3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO EVOLUTION 25 RIEMPITI DI MATERIALE COIBENTE (PERLITE O PERLE DI POLISTIROLO)

4 - PANNELLO ISOLANTE TIPO XPS POSIZIONATO DAVANTI AI CORDOLI DI PIANO PER MIGLIORARE LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO

5 - SOTTOBANCALE ISOLATO

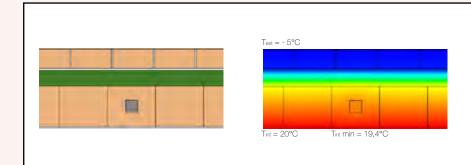
6 - ARCHITRAVATURA CLASSICA REALIZZATA CON TRAVETTI IN LATEROCEMENTO OPPORTUNAMENTE COIBENTATI

7 - ELEMENTO COIBENTATO DI CORNICE PER LA COPERTURA

8 - ANCORAGGIO DI COLLEGAMENTO DEI PARAMENTI MURARI (QUANTITA' CONSIGLIATA: ALMENO 3 PZ/MQ)

U = 0,23 W/m²K

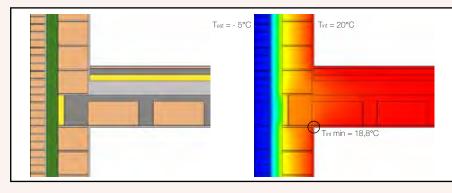
Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	Spessore [mm]	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [Kg/m³]
Faccia a vista	120	0,7	1600
Aria	10	0,067	-
Pannello isolante lana di roccia*	100	0,035	70
Pth BIO M.A. Evolution 25	250	0,233**	920
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	**495**		
Trasmittanza termica [W/m²K]			**0,225***
Massa superficiale [Kg/m²]			**450**
Sfasamento [ore]			**18,58**
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			**0,007**

* accoppiato con telo barriera a vapore

** senza considerare i ferri di armatura e i pilastrini in c.a.

PILASTRO

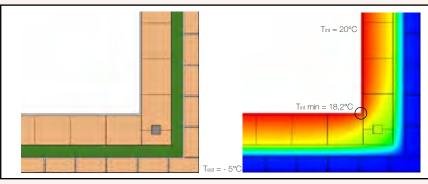
Il ponte termico del “pilastrino” viene corretto con il solo passaggio dell’isolante tra i due strati di muratura. ψ_e = 0,002

verifica condensa OK

verifica muffa OK

CORDOLO DI PIANO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell’isolante tra i due strati di muratura e con eventuale aggiunta di isolante quando possibile. Si sigilli l’ultimo corso della muratura con malta prima del getto del cordolo.

ψ_e = 0,007

verifica condensa OK

verifica muffa OK

ANGOLO

Il ponte termico del “pilastrino” d’angolo viene corretto con il solo passaggio dell’isolante tra i due strati di muratura.

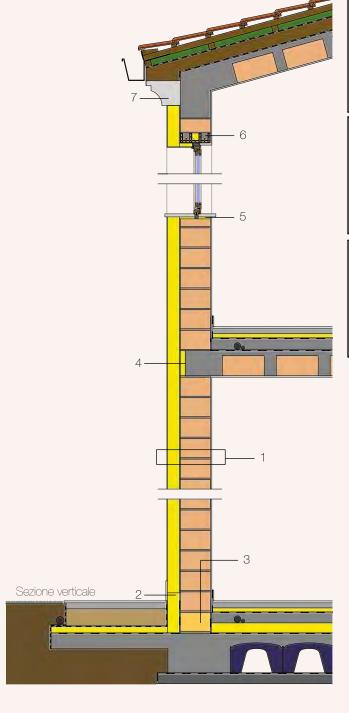
ψ_e = -0,144

verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Muratura blocco + cappotto

Muratura armata: Pth BIO Evolution 30 con cappotto

Pth BIO Evolution 30
blocco per muratura armata
foratura: 45% (portante sismico)
dimensioni: 30x21x19 cm
densità media: 920 Kg/m^3
massa superficiale: 325,4 Kg/m^2

Pth BIO PLAN 12-50/19,9
tramezza rettificata a incastro
foratura: 45%
dimensioni: 12x50x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,18 W/mK
massa superficiale: 113,5 Kg/m^2

Pth MOD 30-12/19 (45 zs)
mezzo blocco
per la spalletta della finestra
foratura: 45% (portante sismico)
dimensioni: 30x12x19 cm

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - FINITURA ESTERNA DEL CAPPOTTO COMPOSTA DA INTONACHINO, RASANTE, RETE, RASANTE; POROTHERM BIO 30 EVOLUTION; INTONACO INTERNO A BASE CALCE

2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE POSIZIONATO IN PROSSIMITA' DEI PRIMI DUE CORSI DI MURATURA

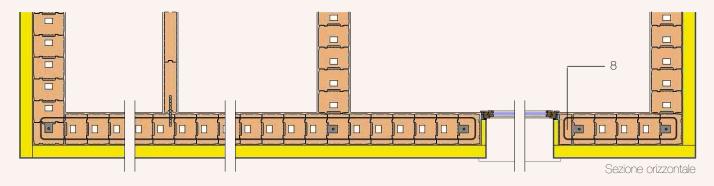
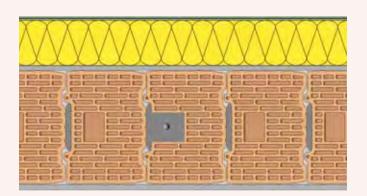
3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO EVOLUTION 30 RIEMPITI DI MATERIALE COIBENTE (PERLITE O PERLE DI POLISTIROLO)

4 - PANNELLO ISOLANTE TIPO XPS POSIZIONATO DAVANTI AI CORDOLI DI PIANO PER MIGLIORARE LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO

5 - SOTTOBANCALE ISOLATO

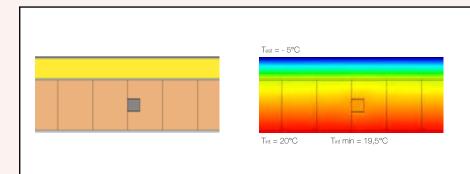
6 - ARCHITRAVATURA REALIZZATA CON IL PEZZO SPECIALE PTH ARCHITRAVE COIBENTATO

7 - ELEMENTO COIBENTATO DI CORNICE PER LA COPERTU-RA

8 - MEZZO BLOCCO PER LA REALIZZAZIONE DELLE SPALLI-NE DELLE BUCATURE

U = 0,18 W/m²K

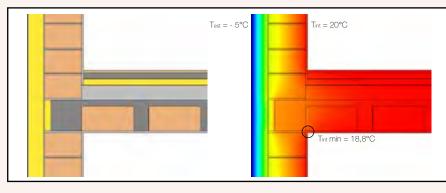
Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	**Spessore** [mm]	**Conducibilità termica** [W/mK]	**Densità** [Kg/m³]
Intonaco silossanico cappotto	0,5	0,3	1500
Isolante a cappotto	120	0,034	18
Rinzaffo*	10	0,9	1800
Pth BIO M.A. Evolution 30	300	0,196**	920
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	**450**		
Trasmittanza termica [W/m²K]			**0,18***
Massa superficiale [Kg/m²]			**325**
Sfasamento [ore]			**17,20**
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			**0,007**

* non sempre necessario

** senza considerare i ferri di armatura e i pilastrini in c.a.

PILASTRO

Il ponte termico del "pilastrino" viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto". $\psi_e = 0{,}002$

verifica condensa OK

verifica muffa OK

CORDOLO DI PIANO

Il ponte termico viene corretto arretrando il cordolo fino a 6 cm (come previsto dalla normativa) permettendo l'aggiunta di ulteriore isolante. Si sigilli l'ultimo corso della muratura con malta prima del getto del cordolo.

$\psi_e = 0{,}002$

verifica condensa OK

verifica muffa OK

ANGOLO

Il ponte termico del "pilastrino" d'angolo è trascurabile e viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto".

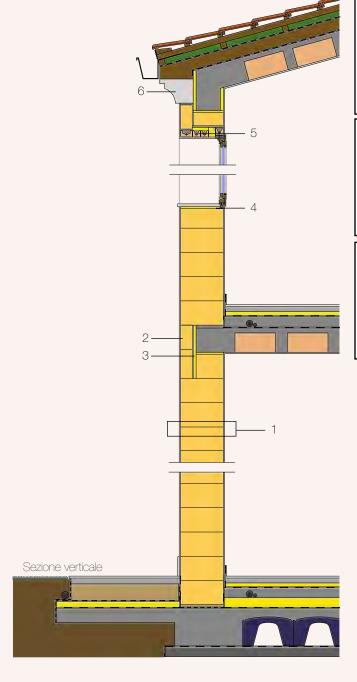
$\psi_e = -0{,}088$

verifica condensa OK

verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Muratura monostrato

Tamponamento: Pth PLANA+ 44

Pth PLANA+ 44 - 0,06
rettificato riempito lana di roccia
foratura: 55/60% (tamponamento)
dimensioni: 44x25x19,9 cm
conducibilità: λ = 0,064 W/mK
massa superficiale: 271 Kg/m²

Pth Revolution 12-50/24,9
rettificato riempito lana di roccia
per la coibentazione
dimensioni: 12x50x24,9 cm
conducibilità: λ = 0,06 W/mK
massa superficiale: 58,2 Kg/m²

Pth PLAN Cassero
rettificato da getto acustico
dimensioni: 24x37,3x24,9 cm
fonoassorbimento: 55 dB
massa superficiale: 476 Kg/m²

DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

1 - INTONACO ESTERNO BASE CALCE; POROTHERM PLANA+ 44 - 0,06; INTONACO INTERNO A BASE CALCE

2 - ELEMENTO IN LATERIZIO DI FINITURA DAVANTI A TRAVI E PILASTRI: SI PROPONE IL BLOCCO RETTIFICATO RIEMPITO PTH PLANA+ REVOLUTION 12 PER UN AMMORSAMENTO IDEALE CON I BLOCCHI RETTIFICATI (VEDI IMMAGINE)

3 - CORREZIONE DEL PONTE TERMICO TRAMITE PANNELLI ISOLANTI CHE CIRCONDANO COMPLETAMENTE TRAVI E PILASTRI

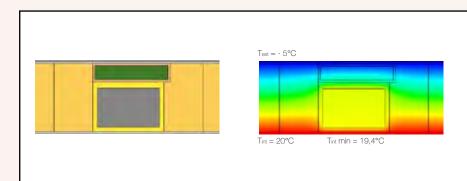
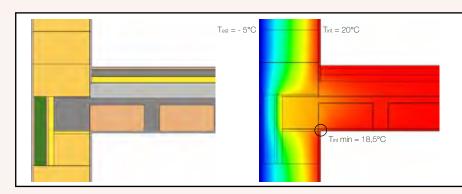
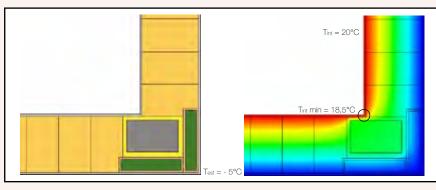
4 - SOTTOBANCALE ISOLATO

5 - ARCHITRAVATURA CLASSICA OPPORTUNAMENTE ISOLATA

6 - ELEMENTO PREFABBRICATO COIBENTATO DI CORNICE PER LA COPERTURA

7 - DIVISORIO ACUSTICO REALIZZATO CON BLOCCO PTH PLAN CASSERO GETTATO IN OPERA E SEMPLICEMENTE INTONACATO

U = 0,14 W/m²K

Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia			
Materiale	**Spessore** [mm]	**Conducibilità termica** [W/mK]	**Densità** [Kg/m³]
Intonaco base calce	15	0,54	1400
Pth PLANA+ 44	440	0,064	600
Intonaco base calce	15	0,54	1400
TOT	**470**		
Trasmittanza termica [W/m²K]			**0,14**
Massa superficiale [Kg/m²]			**312**
Sfasamento [ore]			**24** +18,97
Trasmittanza termica periodica [W/m²K]			**< 0,001**

PILASTRO
Il ponte termico viene corretto circondando completamente il pilastro di materiale isolante tipo XPS e applicando il pezzo speciale riempito in lana di roccia Pth PLANA+ Revolution 12.
ψ_e = 0,041
verifica condensa OK
verifica muffa OK

TRAVE DI BORDO
Il ponte termico viene corretto posizionando un isolante (XPS) davanti al cordolo e all'ultimo corso di muro abbinato al Pth PLANA+ Revolution 12. Si sigilli lo spazio tra l'ultimo corso di muro e la trave con malta termica o schiuma poliuretanica.
ψ_e = 0,046
verifica condensa OK
verifica muffa OK

ANGOLO
Il ponte termico viene corretto circondando completamente il pilastro di materiale isolante tipo XPS e applicando il pezzo speciale riempito in lana di roccia Pth PLANA+ Revolution 12.
ψ_e = -0,051
verifica condensa OK
verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

Ponte termico verticale: attacco a terra

Le fondazioni e le pareti contro terra devono essere isolate termicamente se il volume della zona interrata, seminterrata o a diretto contatto con il terreno non fa parte del volume riscaldato.

Fondazioni continue: nel caso di fondazioni continue si può utilizzare lo stesso sistema adottato per le fondazioni a platea con materiale isolante sfuso oppure isolare termicamente sopra il solaio contro terra; in questo caso rimane però un ponte termico tra il solaio e la parete (vedi esempi). Per correggere questo ponte termico si può isolare termicamente la parete del locale riscaldato, sul lato interno, oppure predisporre uno strato di materiale isolante tra il primo corso di blocchi e il solaio in modo da realizzare un taglio termico tra la parete e il solaio di fondazione. Anche in questo caso si utilizzerà materiale isolante ad alta resistenza meccanica (XPS o vetro cellulare). L'ultima possibilità, in alternativa al taglio termico con un pannello isolante, è quella di utilizzare, come primo (ed eventualmente secondo) strato di blocchi che compongono la parete, dei blocchi coibentati o riempiti di materiale isolante all'interno dei fori (perlite o polistirolo in genere). L'operazione di riempimento dei fori viene fatta, a meno di non utilizzare blocchi già riempiti, direttamente in cantiere, ed è la soluzione consigliata nel caso di murature portanti sismiche o armate.
Nel caso poi di getti di solaio continui tra solaio contro terra e solaio del marciapiede esterno, è bene andare a coibentare anche lo stesso marciapiede per una lunghezza di almeno 1 m.

Fondazione a platea: generalmente si procede all'isolamento della platea sulla parte inferiore (è sempre bene isolare sul lato freddo dell'involucro). E' opportuno utilizzare materiale isolante ad alta resistenza meccanica (XPS o vetro cellulare) posizionato sopra uno strato di malta impermeabilizzante. In alternativa si possono utilizzare materiali isolanti sfusi (argilla espansa o granulato di vetro cellulare) posizionati sopra uno strato di ghiaia con l'inserimento di uno strato di tessuto-non-tessuto per evitare il contatto del materiale isolante con la terra; sopra questo strato isolante viene poi realizzato il getto della platea.

Di seguito vengono presentate alcune proposte per la correzione del ponte termico in corrispondenza degli attacchi a terra per le configurazioni di muratura portante e di tamponamento nelle soluzioni monostrato e con cappotto. Le soluzioni indicate, in particolare, si riferiscono alle stratigrafie già oggetto di studio nelle pagine precedenti:
Pth BIO Evolution 30 con cappotto;
Pth BIO PLAN 38 T - 0,09;
Pth BIO PLAN ETICS con cappotto.
I risultati sono tuttavia esportabili ad altre configurazioni simili con prodotti diversi
NB: per l'attacco a terra delle murature doppie o pluristrato (con isolante in intercapedine), si procede nello stesso modo delle murature con cappotto.

MURATURA PORTANTE
Pth BIO Evolution 30 con cappotto
Struttura muraria portante sismica con applicazione dell'isolante a cappotto sul lato esterno.
Si considera la stessa configurazione con ponte termico NON corretto (1) e ponte termico corretto (2).

CONFIGURAZIONE 1
Nonostante il posizionamento del cappotto e il proseguimento dello stesso sul solaio del marciapiede esterno non riscaldato rimane il ponte termico dovuto al passaggio di calore all'interno della muratura (vedi freccia)
verifica condensa OK
verifica muffa **NO**

CONFIGURAZIONE 2 - corretta
Si predispone un blocco riempito di perlite (direttamente in cantiere) sul primo corso per la correzione del ponte termico
verifica condensa OK
verifica muffa OK

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

MURATURA di TAMPONAMENTO
Pth BIO PLAN 38 T - 0,09

Struttura muraria monostrato con blocco di tamponamento.
Si consdiera la stessa configurazione con ponte termico NON corretto (1) e ponte termico corretto (2).

<u>CONFIGURAZIONE 1</u>
Nonostante il posizionamento del cappotto e il proseguimento dello stesso sul solaio del marciapiede esterno non riscaldato rimane il ponte termico dovuto al passaggio di calore all'interno della muratura (vedi freccia)
verifica condensa **OK**
verifica muffa **NO**

<u>CONFIGURAZIONE 2 - corretta</u>
Si predispone un blocco riempito (Pth PLANA+ 38 - 0,06) sul primo corso per la correzione del ponte termico
verifica condensa **OK**
verifica muffa **OK**

MURATURA di TAMPONAMENTO
Pth BIO PLAN 30 ETICS con cappotto

Struttura muraria di tamponamento con applicazione dell'isolante a cappotto sul lato esterno.
Si considera la stessa configurazione con ponte termico NON corretto (1) e ponte termico corretto (2).

<u>CONFIGURAZIONE 1</u>
Nonostante il posizionamento del cappotto e il proseguimento dello stesso sul solaio del marciapiede esterno non riscaldato rimane il ponte termico dovuto al passaggio di calore all'interno della muratura (vedi freccia)
verifica condensa **OK**
verifica muffa **NO**

<u>CONFIGURAZIONE 2 - corretta</u>
Si predispone un blocco riempito (Pth PLANA+ 30 - 0,08) sul primo corso per la correzione del ponte termico
verifica condensa **OK**
verifica muffa **OK**

I dati sulle isoterme e sulle verifiche termoigrometriche sono estrapolate dal software *Mold Simulator Pro (Dartwin)*

L'isolamento degli involucri esistenti

La riqualificazione edilizia è un tema fondamentale visti gli obiettivi ambiziosi dettati dalla Direttiva 2010/31 UE. La prestazione energetica di un edificio deve però essere sempre associata ad un ottimo comfort estivo ed invernale.
La nuova tramezza rettificata **Porotherm Revolution**, caratterizzata da un'anima in perlite o lana di roccia, è stata sviluppata proprio per gli interventi di riqualificazione energetica, al fine di migliorare le prestazioni dell'edificio e garantire contemporaneamente un elevato comfort abitativo.

Riduzione del consumo energetico: La gamma Porotherm Revolution consente una riduzione del consumo di energia fino a 2/3 di quella consumata prima della riqualificazione.

Azione anti muffa: A causa di un isolamento termico poco efficace, possono presentarsi parti dell'involucro piuttosto fredde con conseguente accumulo di umidità e rischio di formazione di muffe. Porotherm Revolution garantisce un'efficace protezione contro le muffe grazie ad un ottimale isolamento interno.

Perfetto per le facciate storiche: Il grande vantaggio del sistema Porotherm Revolution è quello di permettere un isolamento dall'interno quando non è possibile utilizzare un cappotto esterno. E' il caso delle facciate dei centri storici in cui si deve preservare il valore architettonico dell'esterno.

Ambienti interni confortevoli: Ciò che è percepito dall'uomo come temperatura ambiente si compone della temperatura dell'aria ambiente e della temperatura della superficie della parete circostante. Maggiore è la temperatura della superficie della parete, maggiore risulta essere la temperatura dell'aria per un più piacevole comfort interno e, soprattutto, consumi ridotti.

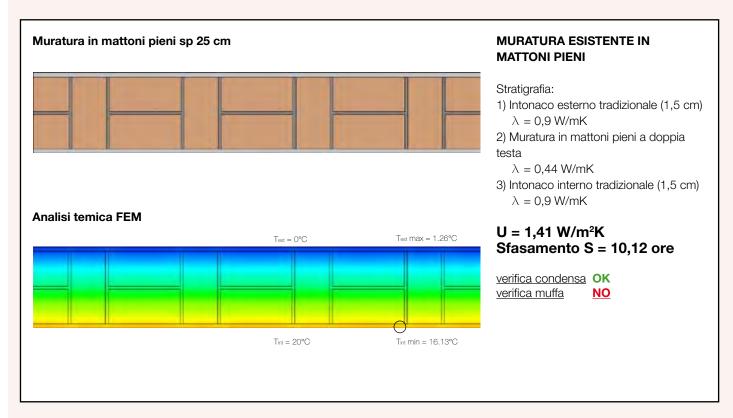
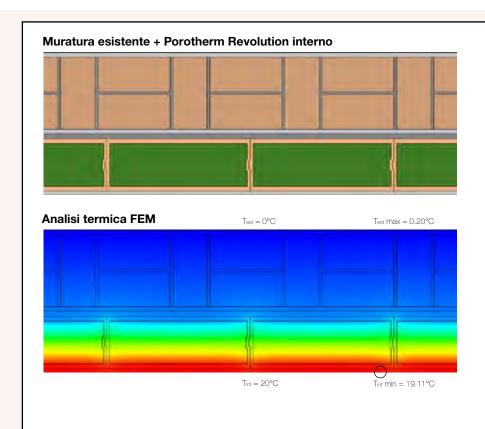
Muratura in mattoni pieni sp 25 cm

Analisi temica FEM

MURATURA ESISTENTE IN MATTONI PIENI

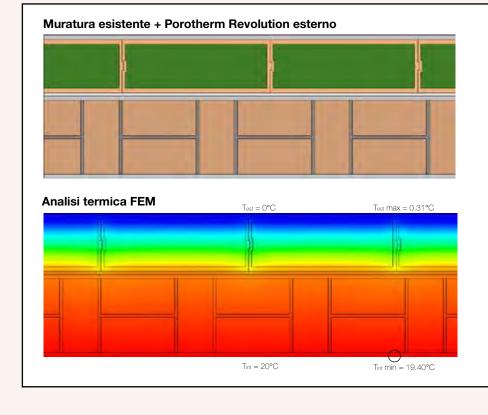
Stratigrafia:
1) Intonaco esterno tradizionale (1,5 cm)
λ = 0,9 W/mK
2) Muratura in mattoni pieni a doppia testa
λ = 0,44 W/mK
3) Intonaco interno tradizionale (1,5 cm)
λ = 0,9 W/mK

U = 1,41 W/m²K
Sfasamento S = 10,12 ore

verifica condensa **OK**
verifica muffa **NO**

ISOLAMENTO DALL'INTERNO
Porotherm Revolution 18

Stratigrafia:
1) Intonaco esterno tradizionale (1,5 cm)
   λ = 0,9 W/mK
2) Muratura in mattoni pieni a doppia testa
   λ = 0,44 W/mK
3) Intonaco interno tradizionale (1,5 cm)
   λ = 0,9 W/mK
4) Malta termica igroscopica (2 cm)
   λ = 0,22 W/mK
5) Porotherm Revolution 18
   λ = 0,055 W/mK
6) Intonaco base calce (1,5 cm)
   λ = 0,54 W/mK

U = 0,24 W/m²K
Sfasamento S = 21,32 ore

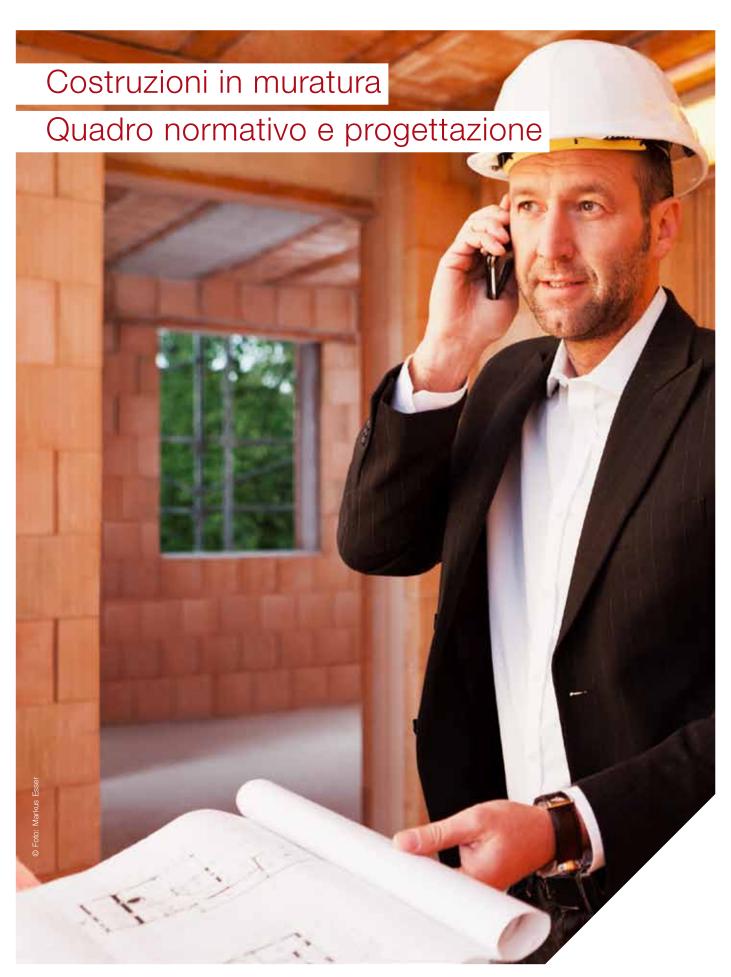
verifica condensa **OK**
verifica muffa **OK**

ISOLAMENTO DALL'ESTERNO
Porotherm Revolution 18

Stratigrafia:
1) Intonaco esterno base calce (1,5 cm)
   λ = 0,54 W/mK
2) Porotherm Revolution 18
   λ = 0,055 W/mK
3) Perlite espansa (1 cm)
   λ = 0,045 W/mK
4) intonaco tradizionale (1,5 cm)
   λ = 0,9 W/mK
5) Muratura in mattoni pieni a doppia testa
   λ = 0,44 W/mK
6) Intonaco interno tradizionale (1,5 cm)
   λ = 0,54 W/mK

U = 0,23 W/m²K
Sfasamento S = 21,42 ore

verifica condensa **OK**
verifica muffa **OK**

Costruzioni in muratura

Quadro normativo e progettazione

Quadro normativo italiano sulle costruzioni

D.M. 14/01/2008
Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare n. 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008)

UNI EN 1996-1-1:2006 Parte 1-1 (Eurocodice 6)
Regole generali per strutture di muratura armata e non armata

UNI EN 1998-1-2005 Parte 1 (Eurocodice 8)
Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

D.M. 31/07/2012
Appendici nazionali agli Eurocodici. Parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici

UNI EN 771-1:2011
Norma armonizzata per elementi per muratura - Parte 1: Elementi di laterizio per muratura

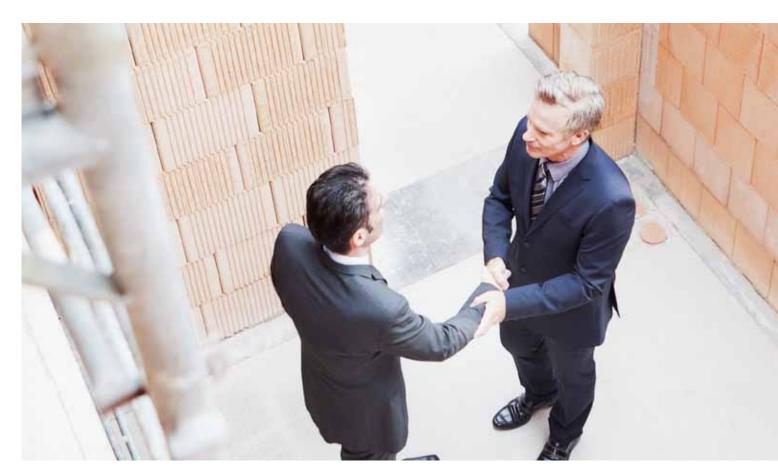
NTC 2008

In italia è in vigore dal Luglio 2009 il testo definitivo del **D.M. 14/01/2008**: **Norme Tecniche per le Costruzioni**, che racchiude tutte le precedenti normative in materia di costruzioni (es. D.M. LL.PP. 09/01/96), con una relativa norma di istruzioni di applicazione, la **Circolare n 617** del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 02/02/2009.
Le NTC 2008 disciplinano quindi, sia i materiali che le metodologie di calcolo da impiegare per realizzare costruzioni su tutto il territorio nazionale.

In dettaglio, per quanto attiene al laterizio, i capitoli da considerare sono:

- **Cap. 4.5** Caratteristiche e tipologie dei materiali;
- **Cap. 7.8** Modalità costruttive, criteri progettuali e requisiti geometrici degli organismi strutturali;
- **Cap. 11.10** Criteri di accettazione in cantiere e prove da effettuare sui prodotti ad uso strutturale.

Eurocodici ed Appendici Nazionali

UNI EN 1996-1-1:2006 Parte 1-1 (Eurocodice 6, Regole generali per strutture di muratura armata e non armata) e l'UNI EN 1998-1:2005 Parte 1 (Eurocodice 8, Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici) con le relative Appendici Nazionali costituiscono indicazioni di comprovata validità e **forniscono il sistematico supporto applicativo delle NTC 2008.**

Classificazione dei blocchi in laterizio

Gli elementi in laterizio per strutture murarie vengono classificati in base alla percentuale di foratura ϕ, la quale coincide, nel caso dei blocchi in laterizio estrusi, con la percentuale in volume dei vuoti come definita dalla norma UNI EN 772-9:2001.

Vengono definiti elementi:

- **pieni** (ϕ ≤ 15%)
- **semipieni** (15% ≤ ϕ ≤ 45%)
- **forati** (45% ≤ ϕ ≤ 55%)

Gli elementi pieni e semipieni possono essere impiegati come portanti in ogni zona sismica, gli elementi forati possono assumere funzione portante solamente in siti ricadenti in zona a bassissima sismicità (zona 4), mentre sono da escludere per scopi strutturali elementi con foratura maggiore del 55%, i quali possono assumere esclusivamente funzione di tamponamento all'interno di strutture intelaiate in cemento armato.

Mattone pieno ϕ ≤ 15%

Blocco semipieno 15% ≤ ϕ ≤ 45%

Blocco forato 45% ≤ ϕ ≤ 55%

NTC 2008 - Tab. 4.5.Ia Classificazione degli elementi in laterizio

Elementi	Percentuale di foratura ϕ	Area f della sezione normale del foro
Pieni	ϕ ≤ 15%	f ≤ 9 cm²
Semipieni	15% ≤ ϕ ≤ 45%	f ≤ 12 cm²
Forati	45% ≤ ϕ ≤ 55%	f ≤ 15 cm²

Dichiarazione di Prestazione (DoP)

Dal **1 luglio 2013** è entrato in vigore il regolamento europeo 305/2011 sui prodotti da costruzione, che sostituisce la vecchia direttiva 89/106. Alla luce di questa nuova regolamentazione, per ogni prodotto da costruzione si rende obbligatoria la cosiddetta **DoP** (*Declaration of Performance*) o **Dichiarazione di Prestazione** che sostituisce la vecchia dichiarazione di conformità. Questa accompagna la **marcatura CE** dei prodotti da costruzione. Oltre ad attestare la conformità del prodotto ad un certo processo di verifica, il produttore certifica che quel determinato prodotto, se utilizzato correttamente, soddisfa certe caratteristiche. Riguardo le categorie di conformità dei prodotti da muro, nelle NTC 2008 sono indicate due categorie di conformità: **Categoria I** e **Categoria II**.

Categoria II: Controllo di produzione in fabbrica (FPC) e prove iniziali di tipo

Categoria I: Controllo di produzione in fabbrica (FPC) e prove iniziali di tipo e certificazione del sistema FPC da parte di un organismo esterno competente (TUV nel caso di Wienerberger) che, attraverso l'ispezione iniziale della fabbrica e una sorveglianza continua (1 volta l'anno), valuta e approva il sistema di controllo interno con particolare attenzione (nel caso dei laterizi da muratura) a resistenza a compressione e stabilità dimensionale.
La Categoria I è quindi sinonimo di un materiale da costruzione con prestazioni controllate e garantite con vantaggi sui coefficienti di sicurezza in fase di progettazione.

NTC 2008 - Tab. 11.10.I - Categorie di conformità		
Specifica tecnica Europea di riferimento	**Categoria**	**Sistema di Attestazione della Conformità**
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6.	CATEGORIA I	2+
	CATEGORIA II	4

NTC 2008 - Tab. 4.5.II - Coefficienti parziali di sicurezza del materiale		
Materiale	**Classe di esecuzione**	
	1	2
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi resistenti di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi resistenti di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

Wienerberger già da anni ha preso l'impegno di classificare i propri prodotti come **marcati CE in Categoria I**. Vengono quindi svolte rigide e severe prove di laboratorio interne su ogni lotto di produzione, per garantire elevati standard qualitativi e uniformità di prestazioni su tutti i materiali prodotti.
Si è quindi deciso di cogliere l'introduzione dell'obbligo di allegare ai materiali da costruzione la **Dichiarazione di Prestazione** (DoP) quale occasione per fornire informazioni precise sulla qualità di ogni lotto prodotto: una "carta d'identità" chiara e trasparente per ogni soluzione offerta da Wienerberger, in accordo con la **Normativa di riferimento UNI EN 771-1:2011.**

Accettazione dei blocchi in cantiere

Nel **capitolo 11.10.1.1** delle **NTC 2008** si stabilisce che il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire delle **prove di accettazione sugli elementi per muratura portante** pervenuti in cantiere.
Le prove di accettazione su materiali sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, con lo scopo di accertare che gli elementi da mettere in opera abbiano le caratterisiche dichiarate dal produttore: nel caso specifico testando la **resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk}**.

Tale controllo sarà effettuato su almeno **tre campioni costituiti ognuno da tre elementi** da sottoporre a prova di compressione.
Per ogni campione siano f_1, f_2, f_3 la resistenza a compressione dei tre elementi con

$$f_1 < f_2 < f_3$$

il controllo si considera positivo se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1+f_2+f_3)/3 \geq 1{,}20\ f_{bk}$$
$$f_1 \geq 0{,}90\ f_{bk}$$

Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2002. Risulta quindi importante utilizzare prodotti che abbiano standard qualitativi costanti nel tempo. Per questo Wienerberger adotta una procedura di controllo FPC dei prodotti particolarmente severa, in modo da poter garantire resistenze meccaniche reali dei blocchi portanti, almeno il 20% superiori rispetto a quelle dichiarate all'interno di schede tecniche e DoP e con prove di laboratorio molto più frequenti rispetto ai minimi imposti dalla normativa di riferimento (UNI EN 771-1).

Tracciabilità di prodotto

Per rendere più chiari, leggibili e tracciabili i dati tecnici relativi ad ogni lotto di produzione, dal 1° luglio 2013 su tutti i bancali di laterizi **Wienerberger** viene apposta un'etichetta che fornisce univocamente tutti i dati richiesti dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP). L'etichetta, oltre ai dati sintetici del prodotto, contiene un **QR code**, al cui interno vengono elencate tutte le caratteristiche tecniche.
Per la lettura del QR code , basta scaricare la **APP "DoP Wienerberger"** dagli APP store disponibili on-line; in alternativa basta accedere alla sezione dedicata sul sito www.wienerberger.it/cartigli-ce/DoP

WIENERBERGER S.P.A. Unipersonale
Via Ringhiera
40027 BUBANO DI MORDANO (BO)
Wienerberger
Pth 10-50/19
Ref. No.: 18111019
DoP No.: CE - 1162662555W1810 - CE
CE
13
EN 771-1:2011
NB No.: 0948-CPD-0009
ce.wienerberger.com

Determinazione della resistenza caratteristica

Si definisce **resistenza caratteristica** quella resistenza al di sotto della quale ci si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza. La **resistenza di rottura a compressione** di un singolo elemento è data dalla seguente espressione:

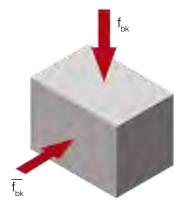
$$f_{bl} = N / A$$

dove N è il carico di rottura applicato in direzione ortogonale al piano di posa e A è l'area lorda della sezione normale alla direzione di carico.
Il valore della resistenza caratteristica dei blocchi nella direzione dei carichi verticali f_{bk} si ricava dalla formula seguente, applicata ad un numero minimo di **30 elementi**:

$$f_{bk} = f_{bm}\ (1 - 1{,}64\ \delta)$$

dove f_{bm} è la media aritmetica della resistenza dei singoli elementi f_{bl}, $\delta = (s\ /\ f_{bm})$ è il coefficiente di variazione e s è la stima dello scarto quadratico medio (funzione degli n elementi provati).
Il valore di f_{bk} non è accettabile per $\delta > 0{,}2$
La resistenza caratteristica a compressione in direzione dei blocchi in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura contraddistinta dal simbolo $\bar{f}_{bk}$ sarà dedotta da quella media $\bar{f}_{bm}$ mediante la relazione:

$$\bar{f}_{bk} = 0{,}7\ \bar{f}_{bm}$$

in cui la resistenza media $\bar{f}_{bm}$ sarà ricavata da prove su almeno **6 campioni**.

Resistenze caratteristiche dei blocchi in laterizio in direzione base (f_{bk}) e testa 1 ($\bar{f}_{bk}$)

Rischio sismico: pericolosità, esposizione e vulnerabilità sismica

La **sismicità** è una caratteristica intrinseca di un territorio e indica la frequenza e la forza con cui si manifestano i terremoti.
Se conosciamo la frequenza e l'energia associate ai terremoti che caratterizzano un territorio, analizzando gli eventi in modo probabilistico, possiamo definirne la **pericolosità sismica**; questa sarà tanto più elevata quanto più probabile è il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo, a parità di intervallo di tempo considerato. Le conseguenze di un terremoto per un edificio dipendono anche dalle proprietà di risposta all'azione sismica da parte delle strutture: la predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata si definisce **vulnerabilità** ed è funzione della tipologia costruttiva, della progettazione e della qualità dei materiali utilizzati per la costruzione.
Infine, la maggiore o minore presenza di beni esposti al rischio, la possibilità cioè di subire un danno economico ai beni culturali e la possibile perdita di vite umane, è definita **esposizione**.

Il **rischio sismico** è determinato dalla combinazione di questi tre fattori (pericolosità, vulnerabilità e dell'esposizione) e misura i danni attesi in un dato intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti).

L'Italia ha una pericolosità sismica medio-alta dovuta a frequenza ed intensità degli eventi sismici, una vulnerabilità molto elevata ed un'esposizione altissima, dovuta sia alla densità abitativa che al patrimonio storico ed artistico.

Pericolosità, esposizione e vulnerabilità: caratteristiche generali		
Pericolosità sismica *caratteristiche del terremoto*	**Esposizione** *caratteristiche del sito*	**Vulnerabilità** *caratteristiche strutturali*
frequenza e forza del terremoto; PGA (accelerazione di picco); durata del moto; energia liberata; distanza dall'epicentro.	geologia dei terreni attraversati; caratteristiche del suolo al sito; densità di popolazione e importanza archi-tettonica.	periodo di oscillazione e smorzamento della struttura; età e tecnologia costruttiva; dettagli costruttivi.

Le zone sismiche in Italia

Secondo l'ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274, i Comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, in base al loro rischio sismico, calcolato in base al **PGA** (*Peak Ground Acceleration*: picco di accelerazione al suolo) e per frequenza ed intensità degli eventi. La classificazione dei Comuni è in continuo aggiornamento man mano che vengono effettuati nuovi studi in un determinato territorio.

Zona	sismicità	ag
1	alta	> 0,25g
2	media	fra 0,15g e 0,25g
3	bassa	fra 0,05g e 0,15g
4	molto bassa	< 0,05g

Tra esse la **zona 1** è quella di pericolosità più elevata, potendosi verificare eventi molto forti, anche di tipo catastrofico. A rischio risulta anche la **zona 2**, dove gli eventi sismici, seppur di intensità minore, possono creare gravissimi danni. La **zona 3** è caratterizzata da una bassa sismicità, che però in particolari contesti geologici può vedere amplificati i propri effetti, Infine, la **zona 4** è quella che nell'intero territorio nazionale presenta il minor rischio sismico, essendo possibili sporadiche scosse che possono creare danni con bassissima probabilità.

Sparisce in tal modo la suddivisione del territorio italiano secondo la normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996) che prevedeva, tra l'altro, una cospicua zona di territorio non classificata e considerata pertanto NON sismica.

Il D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) introduce una nuova metodologia per definire la pericolosità sismica di un sito e, conseguentemente, le azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti. Il territorio nazionale è stato suddiviso mediante una maglia di punti notevoli, al passo di 10 km, per ognuno dei quali sono noti i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta per i diversi stati limite di riferimento (tra i quali, la già citata ag). Mediante un procedimento di interpolazione tra i dati relativi ai quattro punti del reticolo più vicini al sito in esame, è possibile risalire alle caratteristiche spettrali specifici del sito stesso, necessari come dati di input per la progettazione strutturale.

In seguito alla nuova classificazione, tutte le regioni italiane (compresa la Sardegna) risultano a rischio sismico. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica. Limitatamente alle costruzioni ordinarie presenti nei siti ricadenti in zona 4, per le costruzioni di tipo 1 e 2 e di classe d'uso I e II, la norma consente l'utilizzo della "vecchia" metodologia di calcolo alle tensione ammissibili di cui al D.M. 16 gennaio 1996, ma obbliga comunque a tenere conto dell'azione sismica con l'assunzione di uno spettro di risposta di progetto Sd(T1) = 0.07g.

Classificazione sismica		
Zone sismiche	**Livello di pericolosità**	**Accelerazione del terremoto di progetto**
Zona 1	alto	ag > 0,25
Zona 2	medio	0,15 < ag ≤ 0,25
Zona 3	basso	0,05 < ag ≤ 0,15
Zona 4	molto basso	ag ≤ 0,05

Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004)
Espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

Fonte: Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

The Courtyard - Progetto And Studio © Foto: Eleonora Dell'Aquila

Muratura portante ordinaria

Gli edifici in muratura portante si realizzano con elementi resistenti artificiali, i blocchi in laterizio, collegati da malta. Un insieme di elementi resistenti è organizzato in un elemento strutturale definito muratura.
L'insieme dei muri portanti di un edificio costituisce la struttura resistente rispetto alle sollecitazioni verticali e orizzontali.
I muri sono disposti in genere secondo due direzioni ortogonali, con le intersezioni tali da garantire un adeguato vincolo tra i muri stessi. A livello di piano i muri sono collegati da impalcati rigidi orizzontali realizzati da cordoli di piano e solai; i cordoli di piano hanno la funzione di trasmettere i carichi verticali dai solai ai muri verticali.
Importanza fondamentale assume l'organizzazione strutturale, tale da concepire l'edificio in muratura portante come una struttura tridimensionale.

I blocchi per la muratura portante

La morfologia dei blocchi usati per realizzare strutture in muratura portante, senza cioè l'utilizzo di intelaiatura e/o pareti in cemento armato, si può suddividere in tre categorie in funzione della forma dei blocchi stessi:

- blocchi **modulari**,
  con le superfici verticali lisce, utilizzabili nel doppio spessore;
- blocchi **ad incastro con tasca di malta**,
  con la superficie verticale ortogonale all'asse della muratura dotata di maschiatura;
- blocchi **rettificati ad incastro con tasca di malta**,
  con le superfici orizzontali rettificate, quindi perfettamente planari e parallele, e con la superficie verticale ortogonale all'asse della muratura dotata di maschiatura.

Spessori minimi s della muratura portante sismica: almeno 20 cm per zona sismica 4 e almeno 24 cm per le zone 1,2 e 3

Gli elementi da costruzione per l'impiego nella muratura portante devono attenersi alle regole generali indicate nel **capitolo 4.5.2.2** delle NTC 2008 che sono sempre valide e costituiscono l'unico vincolo sulle caratteristiche dei blocchi impiegabili in **zona sismica 4** (livello di pericolosità molto basso):

- foratura $\leq$ 55%;
- area massima di un foro pari a 15 cm^2 con esclusione dei fori di presa;
- possono essere rettificati sulla superficie di posa;
- spessore del blocco $\geq$ 200 mm (con 45% di foratura).

Per quanto riguarda le **zone sismiche 1, 2 e 3** (rispettivamente ad alto, medio e basso livello di pericolosità) gli elementi in laterizio devono attenersi anche alle indicazioni del **capitolo 7.8.1.2** delle NTC 2008, da considerarsi integrative e non sostitutive:

- foratura $\leq$ 45%, con setti paralleli al piano del muro continui e rettilinei;
- area massima di un foro pari a 12 cm^2 con esclusione dei fori di presa;
- resistenza caratteristica a compressione in direzione portante $f_{bk} \geq 5$ MPa
- resistenza caratteristica a compressione nella direzione perpendicolare a quella portante $\bar{f}_{bk} \geq 1{,}5$ MPa;
- spessore del blocco $\geq$ 240 mm;

Resistenze caratteristiche a compressione in direzione verticale (base - f_{bk}) e orizzontale (testa - $\bar{f}_{bk}$)

Riguardo la realizzazione della muratura è necessario poi soddisfare le seguenti ulteriori prescrizioni riferite alla **malta**:

- malta di classe M5 o superiori;
- giunti orizzontali e verticali continui o con tasca

In particolare:

sono ammessi i blocchi rettificati con giunto orizzontale da 1 mm di spessore previa determinazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche della muratura;
i giunti verticali devono sempre avere uno spessore compreso tra 5 e 15 mm e possono essere realizzati anche con il riempimento della tasca di malta;
la resistenza meccanica della muratura a compressione f_k ed a taglio f_{vk0} deve essere certificata da prove di laboratorio (per i blocchi rettificati) oppure può essere stimata dalle tabelle 11.10.V e 11.10.VII delle NTC 2008 se rispettate le condizioni richieste.

Muratura portante in zona sismica: soluzione con blocchi ad incastro. Si notano i setti rettilinei dei blocchi disposti parallelamente al piano del muro

I giunti di malta nella muratura portante

Le NTC 2008 indicano le caratteristiche della malta da impiegare nella muratura distinguendo in **malte a prestazione garantita** (Tab. 11.10.III) e **a composizione prescritta** (Tab.11.10.IV). In particolare, riguardo la muratura portante ordinaria, è necessario distinguere le malte anche in termini meccanici e in funzione della geometria dei giunti.
I **giunti orizzontali e verticali** devono essere **continui**, quindi ricoprire l'intera superficie del blocco, e compresi tra i 5 e i 15 mm; sono ammessi giunti diversi nel rispetto delle prescrizioni seguenti.

Giunto continuo

Caratteristiche meccaniche della malta e tipi di giunto

La malta di allettamento per murature portanti non deve avere resistenza media inferiore a **5 MPa** nelle zone sismiche 1,2 e 3. In zona 4 non ci sono limitazioni in tal senso.

Giunto orizzontale

- **Continuo**
  copre l'intera superficie del blocco e deve essere compreso tra 5 e 15 mm; le caratteristiche meccaniche della muratura si stimano tramite la tabella 11.10.V delle 2008;

- **Interrotto**
  è realizzato mediante due strisce lungo le parti esterne della superficie del blocco non collegate tra loro; è ammesso solamente previa determinazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche della muratura; se si vogliono eseguire giunti interrotti per migliorare le prestazioni termiche, la resistenza a compressione della muratura va opportunamente ridotta (Eurocodice 6; UNI EN 1996-1-1, paragrafi 3.6.1.3 e 3.6.2).

- **Continuo sottile**
  hanno uno spessore compreso tra 1 e 3 mm e sono utilizzabili SOLAMENTE per la posa dei blocchi rettificati; sono ammessi per la muratura portante ordinaria previa determinazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche della muratura; nel sistema a blocchi rettificati vengono determinate in laboratorio le resistenze meccaniche di blocco, malta e muratura sia a compressione che a taglio.

Giunto interrotto

Giunto verticale

- **Continuo**
  come per il giunto orizzontale

- **Interrotto**
  come per il giunto orizzontale

- **Giunto ad incastro con tasca di malta**
  il giunto verticale ad incastro con la presenza di una tasca da riempire con malta per uno spessore di almeno il 40% della larghezza del blocco è equivalente ad un giunto continuo (Eurocodice 6, paragrafo 8.1.5 (3)).

- **Giunto ad incastro a secco**
  cioè senza malta in verticale; è utilizzabile solo in zona sismica 4 e solo per blocchi ad incastro.

Giunto sottile

Per quanto riguarda i blocchi rettificati per muratura portante, **Wienerberger** propone una **malta cementizia speciale**, fornita assieme ai blocchi che appartiene alla **classe M 10** e presenta caratteristiche di resistenza a flessione e compressione media dopo 28 giorni pari a R_m = 3,6 MPa (Resistenza media a flessione) e R_m = 13,8 MPa (Resistenza media a compressione), denominata **Porotherm Malta Speciale**

Caratteristiche meccaniche della muratura portante ordinaria

Le proprietà fondamentali per poter classificare una muratura portante e quindi poter descrivere il suo comportamento a livello meccanico e termico dipendono dalle caratteristiche dei materiali componenti, cioè i blocchi in laterizio e la malta dei giunti.

In dettaglio, le grandezze da considerare sono:

- Resistenza meccanica a compressione f_k;
- Resistenza caratteristica a taglio in assenza di azione assiale f_{vk0};
- Modulo di elasticità normale secante E;
- Modulo di elasticità tangenziale secante G.

Le resistenze caratteristiche si determinano per via tabellare o sperimentalmente in funzione del blocco e della malta impiegata.

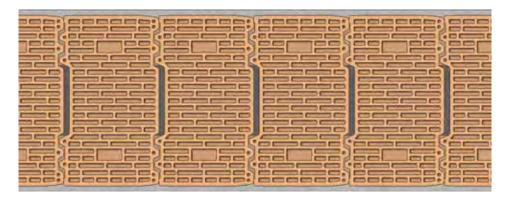
Tipologie di muratura portante ordinaria

Nella tabella seguente si evidenziano le diverse soluzioni per realizzare una muratura portante, sia in zona sismica che non, utilizzando sia blocchi tradizionali modulari o ad incastro sia tecnologie innovative quali i blocchi rettificati. La muratura si differenzia per il tipo e lo spessore dei giunti di malta e per la determinazione dei suoi parametri meccanici.

	Porotherm MODULARE	Porotherm e Porotherm BIO	Porotherm BIO PLAN
GIUNTI DI MALTA			
Giunto orizzontale	continuo con spessore tra 5 e 15 mm	continuo con spessore tra 5 e 15 mm	giunto sottile di malta speciale di spessore 1 mm
Giunto verticale	continuo con spessore tra i 5 ed i 15 mm	riempimento della tasca di malta (*)	con riempimento della tasca di malta (*)
RESISTENZE CARATTERISTICHE			
Resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k	derivabile dalla tabella 11.10.V delle NTC 2008 in funzione della classe di malta e della resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk}	derivabile dalla tabella 11.10.V delle NTC 2008 in funzione della classe di malta e della resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk}.	Determinata da prove sperimentali in laboratorio
Resistenza caratteristica a taglio della muratura f_{vk0}	derivabile dalla tabella 11.10.VII delle NTC 2008 in funzione della classe di malta e della resistenza caratteristica a compressione del blocco f_b	derivabile dalla tabella 11.10.VII delle NTC 2008 in funzione della classe di malta e della resistenza caratteristica a compressione del blocco f_b	Determinata da prove sperimentali in laboratorio

Dettagli costruttivi

La tasca di malta

(*) Nell'immagine a fianco è possibile visualizzare il particolare esecutivo dell'utilizzo di **blocchi ad incastro in zona sismica**, sia rettificati che non: è consentito purchè la posa avvenga in modo tale che i giunti verticali (tasche) risultino riempiti di malta di classe almeno M5. Il riempimento delle tasche verticali può essere evitato solo per gli edifici ricadenti in zona sismica 4.

Ammorsamenti d'angolo

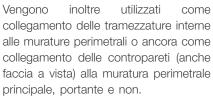
Gli ammorsamenti d'angolo per la muratura portante a incastro vengono realizzati in modo da garantire sempre uno sfalsamento dei giunti adeguato (vedi approfondimento "I giunti di malta nelle murature"). Pertanto, per i blocchi di spessore 38 e 35 cm, lo sfalsamento avviene senza la necessità dell'utilizzo dei mezzi blocchi; viceversa, i blocchi di spessore 30 o 45 cm devono essere sfalsati posizionando il mezzo blocco.

Ammorsamento d'angolo per blocchi di spessore 35, 38 e 40 cm

Ammorsamento d'angolo per blocchi di spessore 30, 42,5 e 45 cm

Ancoraggi metallici

Gli ancoraggi metallici per la muratura devono essere opportunamente utilizzati in tutte le situazioni dove si richieda un collegamento più rigido all'interno della muratura. In particolare vengono utilizzati per vincolare i tamponamenti alle strutture portanti o alla pilastratura verticale.

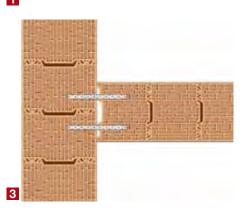
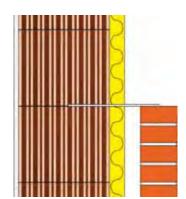
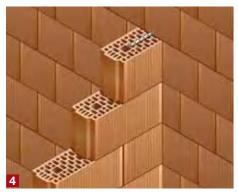
Vengono inoltre utilizzati come collegamento delle tramezzature interne alle murature perimetrali o ancora come collegamento delle contropareti (anche faccia a vista) alla muratura perimetrale principale, portante e non.

Questi dispositivi nascono, in particolare, per l'utilizzo con i blocchi rettificati, per realizzare una connessione rapida e semplice delle murature perimetrali e di spina; sono disponibili nelle dimensioni 300x22x0,7 mm, e, grazie allo spessore ridotto, si inseriscono perfettamente all'interno dei giunti di malta sottile del sistema rettificato.

Sono utilizzabili anche per le murature montate a malta tradizionale.

1

2

3

4

1. Ancoraggi per muratura (piatti e faccia a vista); 2. L'utilizzo dell'ancoraggio faccia a vista per il collegamento della cortina alla parete verticale; 3. L'utilizzo degli ancoraggi nelle muraturare di spina; 4. L'ancoraggio dei tramezzi interni alla muratura principale

Calcolo dei parametri meccanici della muratura portante ordinaria

I parametri meccanici della muratura si possono determinare per via sperimentale o mediante metodo tabellare (NTC 2008 Capitolo 11.10.3).
Se i giunti di malta ricadono nell'intervallo di spessore compreso tra 5 e 15 mm, le tabelle nelle NTC 2008 forniscono la resistenza caratteristica a compressione e a taglio in funzione delle caratteristiche dei componenti (blocco e malta). Se invece il giunto di malta è sottile, cioè di spessore inferiore ai 5 mm, occorre eseguire una prova sperimentale, come nel caso dei blocchi rettificati.

Res. caratteristica a compressione: determinazione sperimentale
(NTC 2008 11.10.3.1.1).
La resistenza caratteristica sperimentale a compressione si determina su n muretti (n ≥ 6), che devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e costituiti almeno da tre corsi di elementi resistenti, con le seguenti limitazioni:

- lunghezza (b) pari ad almeno due lunghezze di blocco;
- rapporto altezza/spessore (l/t) variabile tra 2.4 e 5.

Il provino, realizzato secondo le indicazioni delle NTC, viene posto fra i piatti della macchina di prova e, successivamente, caricato. Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0.5 MPa ogni 20 secondi. La resistenza caratteristica è data dalla relazione:

$$f_k = f_m - k\,s$$

con f_m resistenza media, s scarto quadratico medio e k corfficiente funzione del numero dei provini (vedi tabella).

n	6	8	10	12	20
k	2,33	2,19	2,1	2,05	1,93

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

- malta: n. 3 provini prismatici 40x40x160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti, secondo la norma armonizzata UNI EN 998-2;
- elementi resistenti (blocchi): n. 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.

Res. caratteristica a compressione: stima tramite tabelle
(NTC 2008 11.10.3.1.2).
Il valore di f_k può essere stimato dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite la **Tabella 11.10.V**. La validità di tale tabella è limitata a quelle murature a blocchi semipieni aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

NTC 2008 - Tabella 11.10.V - Valori di f_k per murature

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento (N/mm²)	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	---

Res. caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali: determinazione sperimentale
(NTC 2008 - cap. 11.10.3.2.1)
La resistenza caratteristica sperimentale a taglio si determina su n campioni ($n \geq 6$), seguendo sia, per la confezione che per la prova, le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-3:2007 e, per quanto applicabile, UNI EN 1052-4:2001. La resistenza caratteristica f_{vk0} sarà dedotta dalla resistenza media f_{vm} , ottenuta dai risultati delle prove, mediante la relazione:

$$f_{vk0} = 0,7\ f_{vm}$$

Res. caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali: stima tramite tabelle
(NTC 2008 - cap. 11.10.3.2.2)
Il valore di f_{vk0} può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi tramite la Tabella 11.10.VII. La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta, le cui dimensioni sono comprese tra 5 e 15 mm. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

NTC 2008 - Tabella 11.10.VII - Resistenza caratteristica a taglio

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento (N/mm²)	Classe di malta	f_{vk0} (N/mm²)
Laterizio pieno e semi-pieno	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M \leq M10$	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M \leq M5$	0,10

Resistenza caratteristica a taglio
(NTC 2008 - cap. 11.10.3.3)
In presenza di tensioni di compressione, la resistenza caratteristica a taglio della muratura, f_{vk} ,è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4\ \sigma_n$$

Moduli di elasticità secanti
(NTC 2008 - cap. 11.10.3.4)
Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato sperimentalmente su n muretti ($n \geq 6$), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-1:2001. In sede di progetto, in mancanza di determinazione sperimentale, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante

$$E = 1000\ f_k$$

- modulo di elasticità tangenziale secante

$$G = 0,4\ E$$

Resistenza a compressione e taglio della muratura portante: *esempio di calcolo*

Si riporta un esempio numerico che confronta i parametri meccanici ottenuti sulla muratura portante con blocchi tradizionali e con blocchi rettificati. Come si può notare dai risultati, la stima tabellare utilizzata per la muratura tradizionale è più cautelativa della prova sperimentale impiegata per la muratura rettificata.
Il metodo tabellare, infatti, è una stima e non una determinazione diretta come quella sperimentale, che fornisce maggiori garanzie in termini prestazionali e di sicurezza dei risultati.

Esempio: muratura portante di spessore 35 cm

Muratura portante ordinaria tradizionale
Blocco: Porotherm MOD 35-25/19 (45 zs)
Resistenza caratteristica a compressione del blocco dichiarata
f_{bk} = 12 N/mm^2

Malta tradizionale tipo M10
Giunto orizzontale continuo con spessore compreso tra i 5 ed i 15 mm
Giunto verticale continuo con spessore compreso tra i 5 ed i 15 mm

Resistenza caratteristica a compressione della muratura
f_k = 5,7 N/mm^2
da interpolazione lineare della tabella 11.10.V delle NTC 2008
Resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di tensioni normali
f_{vk0} = 0,20 N/mm^2
Stima dalla tabella 11.10.VII delle NTC 2008.

Muratura portante ordinaria rettificata
Blocco: Porotherm BIO PLAN 35-25/19,9
Resistenza caratteristica a compressione del blocco dichiarata
f_{bk} = 12 N/mm^2

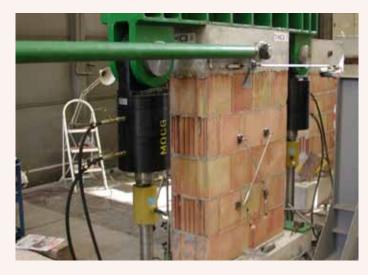
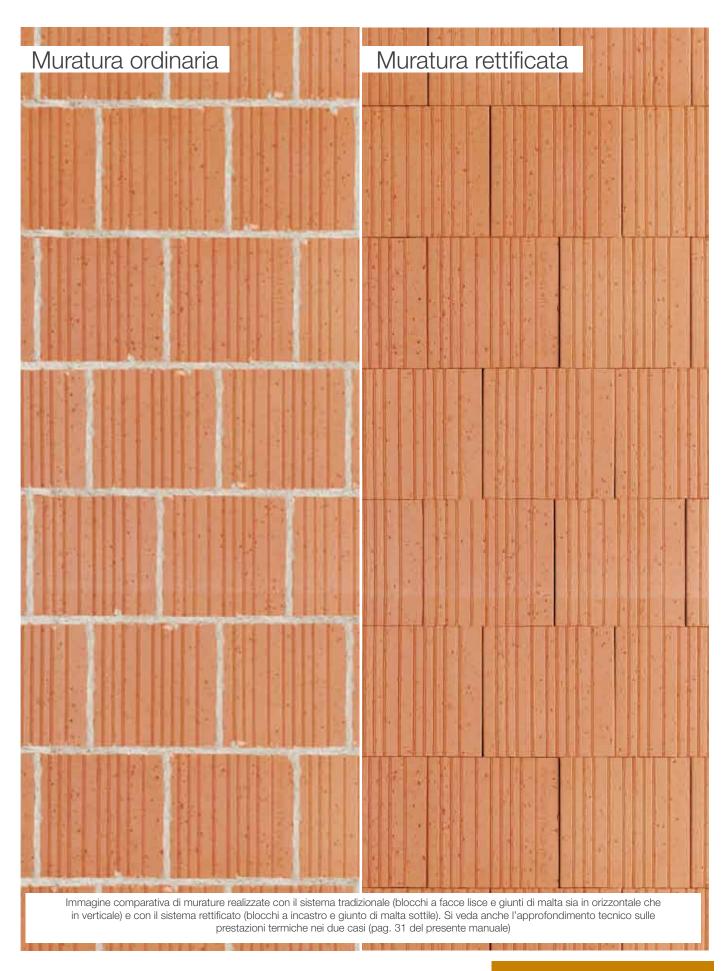
Malta speciale Wienerberger tipo M10
Giunto orizzontale di 1 mm
Giunto verticale con riempimento della tasca di malta

Resistenza caratteristica a compressione della muratura
f_k = 7,2 N/mm^2
Da prove di laboratorio in accordo con quanto richiesto dalle NTC 2008 - 11.10.3.1.1
Resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di tensioni normali
f_{vk0} = 0,52 N/mm^2
Da prove di laboratorio in accordo con quanto richiesto dalle NTC 2008 - 11.10.3.2.1

Confronto			
	Muratura tradizionale	Muratura rettificata	Incremento prestazione rettificato su tradizionale
Resistenza a compressione	5,7	7,2	**+26%**
Resistenza a taglio	0,20	0,52	**+160%**

Le prove di laboratorio effettute da Wienerberger sui blocchi rettificati **Porotherm BIO PLAN portanti sismici** hanno fornito ottimi valori di resistenza: si garantiscono performance migliori rispetto a blocchi ad incastro non rettificati o a facce lisce (modulari) di analogo spessore posati con malta di analoghe caratteristiche meccaniche ma di spessore tradizionale. Wienerberger infatti ha testato sperimentalmente i blocchi rettificati portanti Porotherm BIO PLAN secondo quanto prescritto nelle NTC 2008 con scrupolose metodologie di prova. Come si può osservare dal confronto, si ottengono vantaggi prestazionali sia per la resistenza a compressione che per la resistenza a taglio della muratura, a cui si aggiunge il fatto di un sistema produttivo in categoria I che definisce dei valori di correzione meno cautelativi.

I dati possono essere scaricati dal sito
www.wienerberger.it/soluzioni-involucro

Immagine comparativa di murature realizzate con il sistema tradizionale (blocchi a facce lisce e giunti di malta sia in orizzontale che in verticale) e con il sistema rettificato (blocchi a incastro e giunto di malta sottile). Si veda anche l'approfondimento tecnico sulle prestazioni termiche nei due casi (pag. 31 del presente manuale)

Progettazione generale

Organizzazione strutturale

L'edificio in muratura portante deve essere concepito come una struttura tridimensionale. Pareti in muratura, solai e fondazioni devono essere collegati tra di loro in modo da resistere alle azioni verticali ed orizzontali.
I pannelli murari sono considerati resistenti anche alle azioni orizzontali quando hanno una **lunghezza non inferiore a 0,3 volte l'altezza di interpiano**.
I solai piani o con falde inclinate in copertura devono assicurare, per resistenza e rigidezza, la ripartizione delle azioni orizzontali fra i muri di controventamento.
L'organizzazione dell'intera struttura deve essere tale da assicurare appropriata resistenza e stabilità ed un comportamento d'insieme "scatolare". Per garantire un comportamento scatolare, le pareti devono essere collegate al livello dei solai mediante cordoli di piano di calcestruzzo armato e, tra di loro, mediante ammorsamenti lungo le intersezioni verticali. Il collegamento fra la fondazione e la struttura in elevazione è generalmente realizzato mediante cordolo in calcestruzzo armato disposto alla base di tutte le murature verticali resistenti. È possibile realizzare la prima elevazione con pareti di calcestruzzo armato.
Lo spessore dei muri portanti non può essere inferiore ai 20 cm nel caso di impiego di muratura in elementi in laterizio semipieni.
La **snellezza** convenzionale della parete, definita dal rapporto:

$$\lambda = h_0 / t$$

dove h_0 è la lunghezza libera di inflessione della parete valutata in base alle condizioni di vincolo ai bordi e t è lo spessore della parete, **non deve risultare superiore a 20**.

Analisi strutturale

La risposta strutturale è calcolata usando:
- analisi semplificate;
- analisi lineari, assumendo i valori secanti dei moduli di elasticità;
- analisi non lineari;

Per la valutazione di effetti locali è consentito l'impiego di modelli di calcolo relativi a parti isolate della struttura. Per il calcolo dei carichi trasmessi dai solai alle pareti e per la valutazione su queste ultime degli effetti delle azioni fuori dal piano, è consentito l'impiego di modelli semplificati.

Verifiche

Le verifiche sono condotte con le seguenti assunzioni:
- ipotesi di conservazione delle sezioni piane;
- la resistenza a trazione per flessione della muratura viene trascurata.

Le resistenze di progetto a compressione e taglio sono rispettivamente:

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

con $f_{vk} = f_{vk0} + 0{,}4\ \sigma_n$ essendo σ_n la tensione normale media dovuta ai carichi verticali sulla sezione di verifica.
Il coefficiente parziale di sicurezza γ_M è valutato in funzione della categoria dei blocchi e della classe di esecuzione, come già evidenziato.
Gli Stati Limite Ultimi da verificare sono:
- presso flessione per carichi laterali (resistenza e stabilità fuori dal piano);
- presso flessione nel piano del muro;
- taglio per azioni nel piano del muro;
- carichi concentrati;
- flessione e taglio di travi di accoppiamento.

Per la verifica a presso flessione per carichi laterali, la resistenza unitaria di progetto ridotta $f_{d,rid}$ riferita all'elemento strutturale si assume pari a

$$\mathbf{f_{d,rid} = \Phi\ f_d}$$

in cui φ è il coefficiente di riduzione della resistenza del materiale in funzione della snellezza convenzionale λ e del coefficiente di eccentricità m.

NTC 2008 - Tabella 4.5.III - Valori del coefficiente φ					
Snellezza λ	**Coefficiente di eccentricità m = 6 e/t**				
	0	**0,5**	**1,0**	**1,5**	**2,0**
0	1,00	0,74	0,59	0,44	0,33
5	0,97	0,71	0,55	0,39	0,27
10	0,86	0,61	0,45	0,27	0,16
15	0,69	0,48	0,32	0,17	---
20	0,53	0,36	0,23	---	---

La lunghezza libera d'inflessione del muro h_0 è pari a:

$$\mathbf{h_0 = \rho h}$$

in cui il fattore ρ tiene conto dell'efficacia del vincolo fornito dai muri ortogonali e h è l'altezza interna di piano; ρ assume il valore 1 per muro isolato, e i valori indicati nella tabella seguente quando il muro non ha aperture ed è irrigidito con efficace vincolo da due muri trasversali di spessore non inferiore a 200 mm, e di lunghezza l non inferiore a 0,3 h, posti ad interasse a.

NTC 2008 - Tabella 4.5.IV - Valori del coefficiente φ	
h/a	**ρ**
$h/a \leq 0,5$	1
$0,5 < h/a \leq 1,0$	$3/2 - h/a$
$1,0 < h/a$	$1/[1+(h/a)^2]$

Il coefficiente di eccentricità m è definito dalla relazione:

$$\mathbf{m = 6\ e/t}$$

essendo e l'eccentricità totale e t lo spessore del muro.
Le eccentricità dei carichi verticali sullo spessore della muratura sono dovute alle eccentricità totali dei carichi verticali, alle tolleranze di esecuzione ed alle azioni orizzontali.

Progettazione per azioni sismiche: criteri generali

Criteri generali di progettazione

Le costruzioni devono essere dotate di sistemi strutturali che garantiscano rigidezza e resistenza nei confronti delle due componenti ortogonali orizzontali delle azioni sismiche, tenendo conto anche degli effetti torsionali derivanti dall'azione sismica stessa.
I solai orizzontali devono essere dotati di rigidezza e resistenza tali da trasmettere le forze scambiate tra i diversi sistemi resistenti verticali.

Regolarità in pianta ed in altezza

Le costruzioni devono avere una struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza; questo può essere anche conseguito suddividendo la struttura, mediante giunti, in unità tra loro dinamicamente indipendenti.

Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è **regolare in pianta** se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- simmetria di masse e rigidezze rispetto a due direzioni ortogonali; rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;
- nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze superiore al 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- solai infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

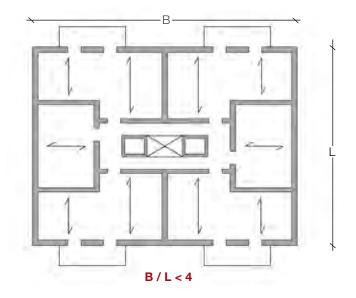
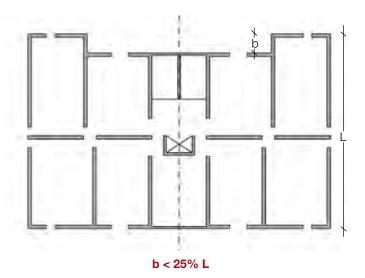
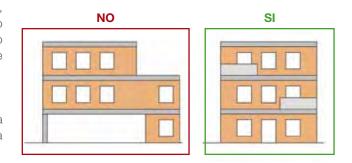
Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è **regolare in altezza** se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- sistemi resistenti verticali estesi per tutta l'altezza della costruzione;
- massa e rigidezza costanti o variabili gradualmente dalla base alla sommità (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%);
- eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento sottostante.

Altezza massima dei nuovi edifici

Per costruzioni in muratura portante in **zona sismica 1** l'altezza massima è di due piani dal piano campagna. Il solaio di copertura del secondo piano non può essere calpestio di volume abitabile.

B / L < 4

b < 25% L

Criteri di progetto e requisiti geometrici

Le pareti strutturali, al lordo delle aperture, debbono avere continuità in elevazione fino alla fondazione (o interrato in c.a). Solai e coperture non devono essere spingenti. I solai, inoltre, devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma. La distanza massima tra due solai successivi non deve essere superiore a 5 m. La geometria delle pareti portanti resistenti al sisma deve rispettare i seguenti requisiti geometrici:

Muratura portante	t_{min}	$(\lambda=h_0/t)_{max}$	$(l/h')_{min}$
Zona sismica 1,2,3	240 mm	12	0,4
Zona sismica 4	200 mm	20	0,3

in cui t indica lo spessore della parete al netto dell'intonaco, h_0 l'altezza di libera inflessione della parete, h' l'altezza massima delle aperture adiacenti alla parete ed l la lunghezza della parete.

Snellezza della muratura: rapporto tra altezza e spessore

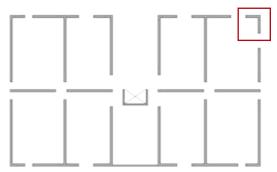
Regole di dettaglio

Ad ogni piano deve essere realizzato un **cordolo continuo** all'intersezione tra solai e pareti.

I cordoli devono avere altezza minima pari a quella del solaio e larghezza uguale a quella del muro; è consentito un arretramento massimo di 6 cm dal filo esterno. L'armatura longitudinale non deve essere inferiore a **8 cm²**, le staffe devono avere diametro non inferiore a 6 mm e passo non superiore a 25 cm.
Travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai devono essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12 cm ed adeguatamente ancorate ad esso.

Arretramento del cordolo dal filo esterno della muratura: l'arretramento deve garantire la correzione del ponte termico con un limite di 6 cm dal bordo esterno del muro portante

In corrispondenza di **incroci d'angolo** tra due pareti perimetrali sono prescritte, su entrambe le pareti, zone di parete muraria di lunghezza non inferiore ad 1 m, compreso lo spessore del muro trasversale.

Al di sopra di ogni apertura deve essere realizzato un architrave resistente a flessione efficacemente ammorsato alla muratura.

Spallette laterali in corrispondenza degli angoli di almeno 1 m

Edificio semplice: regole generali e progettazione in zona sismica

Per edifici semplici è consentito eseguire le verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili, ponendo il coefficiente $\gamma_M = 4{,}2$ ed utilizzando il dimensionamento semplificato con le seguenti limitazioni:

- pareti strutturali continue dalle fondazioni alla sommità;
- nessuna altezza interpiano superiore a 3,5 m;
- numero di piani non superiore a 3 (entro e fuori terra);
- planimetria dell'edificio inscrivibile in un rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3;
- snellezza della muratura non superiore a 12;
- carico variabile per i solai non superiore a 3,00 kN/m^2.

La verifica si intende soddisfatta se risulta:

$$\sigma = N/(0{,}65\ A) \leq f_k / \gamma_M$$

in cui N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo $\gamma_G = \gamma_Q = 1$) della combinazione caratteristica e A è l'area totale dei muri portanti allo stesso piano.

Edificio semplice in zona sismica

Le costruzioni semplici in zona sismica sono quelle che rispettano, oltre alle condizioni per gli edifici semplici in muratura ordinaria, anche i criteri di progettazione quali la regolarità in pianta ed in altezza. Più in dettaglio:

- In ciascuna delle due direzioni siano previsti almeno due sistemi di pareti portanti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione della costruzione nella medesima direzione.
- La distanza tra questi due sistemi di pareti in direzione ortogonale al loro sviluppo longitudinale in pianta sia non inferiore al 75% della dimensione della costruzione nella medesima direzione (ortogonale alle pareti).
- Almeno il 75% dei carichi verticali sia portato da pareti che facciano parte del sistema resistente alle azioni orizzontali;
- L'interasse tra le murature portanti in ciascuna delle due direzioni non sia superiore a 7 m;
- Per ciascun piano il rapporto tra area della sezione resistente delle pareti e superficie lorda del piano non sia inferiore ai valori indicati nella tabella seguente, in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito, per ciascuna delle due direzioni ortogonali;

NTC 2008 - Tabella 7.8.III - Area pareti resistenti										
n. piani	≤ 0,07 g	≤ 0,1 g	≤ 0,15 g	≤ 0,20 g	≤ 0,25 g	≤ 0,30 g	≤ 0,35 g	≤ 0,40 g	≤ 0,45 g	≤ 0,4725 g
1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
3	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%			

- Il numero massimo di piani sia pari a 3;

Deve inoltre risultare per ogni piano:

$$\sigma = N/A \leq 0{,}25 f_k/\gamma_M$$

in cui N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo $\gamma_G = \gamma_Q = 1$ ed A è l'area totale dei muri portanti allo stesso piano.

Per le costruzioni semplici ricadenti in zona 2, 3 e 4 non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza ulteriore.

Edificio semplice

pareti strutturali continue;

h < 3,5 m;

numero di piani non superiore a 3;

B/L < 1/3;

h/t < 12;

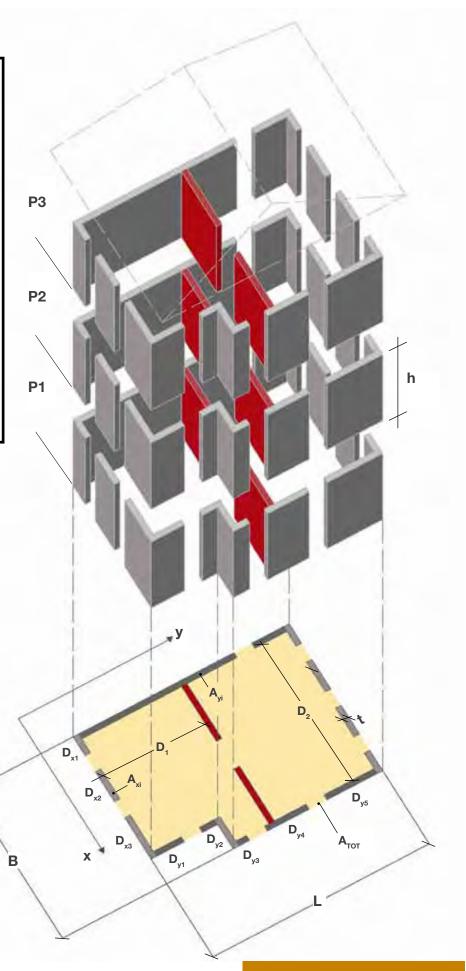
Edificio semplice in zona sismica

$\sum D_Y > L/2$

$\sum D_x > B/2$

$D_1 < 7$ m

$D_2 < 7$ m

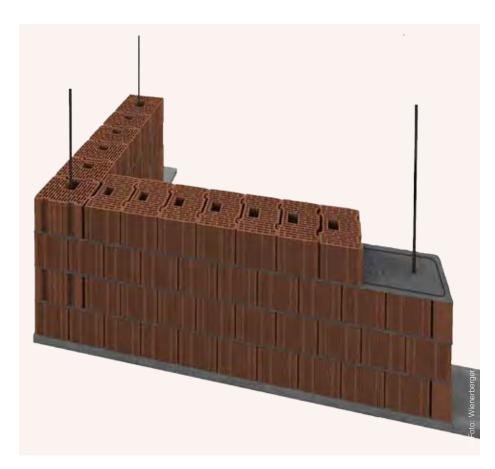
Cooking school in ancient slaughterhouse - Progetto So189 © Foto: Fernando Alda

Muratura Armata

La normativa italiana cita per la prima volta la muratura armata nel D.M. 19/06/1984 “Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche”. Le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 hanno poi reso la muratura armata un sistema costruttivo a tutti gli effetti, rendendolo utilizzabile senza necessità di idoneità tecnica da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
La pubblicazione delle Appendici Nazionali agli Eurocodici nel 2013, ha permesso di sviluppare un sistema per muratura armata ad incastro con tasca, che Wienerberger ha prodotto con il nome di Porotherm BIO **M.A. Evolution**: l'evoluzione della muratura armata.

Il sistema costruttivo

La muratura armata è un sistema costruttivo che associa due materiali con proprietà molto diverse (**laterizio e acciaio**), riuscendo a sfruttare le qualità di entrambi. La muratura in laterizio è un sistema costruttivo molto resistente a compressione e quindi adatto a sopportare carichi verticali ma molto meno a taglio/trazione, qui entra in gioco l'acciaio con la sua **grande duttilità**. Le strutture in muratura armata risultano quindi molto resistenti e con ottima **capacità dissipativa** in caso di sisma, riuscendo a sfruttare la resistenza dei materiali anche in fase post-elastica.
Le murature armate sono principalmente di due tipi: ad armatura concentrata, molto simile alla muratura confinata, tipologia che in Italia non è normata e quindi al momento non utilizzabile o ad **armatura diffusa**, sistema caratterizzato da armatura orizzontale collocata nei guinti di malta diffusa per tutta l'altezza e lunghezza della muratura ed armatura verticale collocata in appositi fori all'interno dei blocchi, comunemente detti pilastrini.

Wienerberger, concentrata da anni nello sviluppo di soluzioni innovative in laterizio, ha voluto introdurre un nuovo elemento a questo sistema costruttivo tradizionale, per renderlo ancora più facile da montare: l'incastro. Grazie al passaggio da blocco modulare ad incastro è possibile, da un lato, aumentare la precisione di posa e, dall'altro, diminuire il consumo di malta ed acqua, garantendo così un cantiere più pulito ed una maggiore velocità di posa. L'incastro verticale è utilizzabile per muratura portante (e quindi anche per muratura armata) prevedendo tra i due blocchi contigui una "tasca", da saturare con malta, per una lunghezza pari ad almeno il 40% della larghezza del blocco. La muratura armata Evolution di Wienerberger è stata progettata proprio per garantire questi vincoli dimensionali.

I dettagli sull'utilizzo del blocco ad incastro con tasca per murature portanti (ed armate) in zona sismica 1, 2 e 3 sono definiti negli Eurocodici, strumento normativo da utilizzare quando, come in questo caso, l'argomento non viene dettagliato all'interno delle NTC 08 (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 - D.M. 14/01/2008 NTC).

Blocchi per muratura armata

Le caratteristiche dei blocchi utilizzabili per realizzare una muratura portante sismica sono di seguito riportate:

- Blocchi semipieni: foratura 45% o inferiore;
- Area sezione fori normale inferiore a 12 cm^2;
- Due fori di presa dimensione massima 35 cm^2 o un foro per l'alloggiamento delle barre d'armatura di area massima 70 cm^2;
- Il foro per l'alloggiamento per le barre d'armatura deve essere di dimensioni tali che risulti inscrivibile un cilindo di 6 cm di diametro;
- Setti disposti parallelamente al piano del muro continui e rettilinei con interruzioni ammesse per fori di presa e per alloggiamento delle barre;
- Resistenza caratteristica dei blocchi in direzione normale al piano di posa maggiore o uguale a 5 MPa;
- Resistenza caratteristica dei blocchi in direzione parallela al piano di posa maggiore o uguale a 1,5 MPa.

Malta per muratura armata

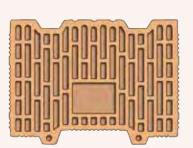
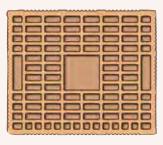
La malta utilizzata per realizzare muratura armata deve essere classe **M10** minimo (resistenza a compressione maggiore o uguale a 10 MPa).
Normalmente si utilizzano malte cementizie ma esistono anche malte bastarde (cemento e calce) con **resistenza meccanica superiore a 10 MPa**. Il problema principale dell'interazione tra armatura e malta è la corrosione dovuta all carbonatazione delle malte che comporta l'abbassamento del pH con conseguente riduzione del film passivante delle armature e la loro corrosione. Questo fenomeno deve essere evitato garantendo un adeguato copriferro alle armature orizzontali ed utilizzando malte di buona qualità.
Ci sono due possibilità in cantiere:

- Malta premiscelata a prestazioni garantite classe M10;
- Malta a composizione prescritta confezionata in cantiere con rapporto sabbia/cemento 3 : 1 in volume e contenuto d'acqua inferiore al 20% come previsto da tab. 11.10.III delle NTC 2008.

Acciaio per muratura armata

Anche l'acciaio per le armature deve essere opportunamente distinto in:

- **Armatura verticale**: barre d'acciaio ad aderenza migliorata, d'acciaio inossidabile o con rivestimento speciale conformi a quanto indicato al par. 11.3 delle NTC 2008. In condizioni normali viene utilizzato acciaio per cemento armato B450C;
- **Armatura orizzontale**: barre piegate per cemento armato B450C (o quant'altro indicato per l'armatura verticale) oppure armature a traliccio elettrosaldato.

Porotherm BIO M.A. Evolution 30/35

Porotherm BIO M.A. Evolution 25

I blocchi **Porotherm BIO M.A. Evolution** rispettano tutte le prescrizioni previste dalla norme tecniche NTC 2008, inoltre:
Sono certificati in Categoria I
f_{bk} **= 12 MPa** corrispondente a **240%** in più rispetto al minimo normativo
f_{bk} **= 2 MPa** corrispondente al **33%** in più rispetto al minimo normativo

Progettazione e posa in opera

Giunti di malta orizzontali

La muratura armata richiede giunti orizzontali **completamente riempiti di malta**. Non sono quindi ammessi giunti interrotti con fasce di isolante o aria.
Lo spessore è sempre compreso tra 12 e 15 mm in quanto l'alloggiamento di armature orizzontali di diametro 5 o 6 mm non permette di realizzare giunti più sottili.

Giunti di malta verticali

I giunti di malta verticali devono essere riempiti di malta, non sono quindi ammessi giunti verticali interrotti con fasce di isolante o aria. Lo spessore deve essere compreso tra 5 e 15 mm e possono essere realizzati in due modalità:

- **Blocco modulare**: giunto continuo e passante;
- **Blocco ad incastro con tasca**: riempimento completo della tasca (di dimensione minima **40% dello spessore della muratura**): un giunto di questo tipo è considerato continuo in accordo con Eurocodici e relative Appendici Nazionali.

Blocco per muratura armata con giunto verticale a tasca

Armatura orizzontale

L'armatura orizzontale ha funzione di incrementare la resistenza nel piano (ossia a taglio) della muratura e contemporaneamente aumentare la duttilità.
Il diametro minimo è:

- ϕ5 se si utilizzano tralicci elettrosaldati;
- ϕ6 se si utilizzano barre d'acciaio ad aderenza migliorata.

Nel caso di interruzioni la sovrapposizione minima è di 60 diametri.
L'interasse tra un'armatura e la successiva non può superare i 60 cm.
L'ancoraggio deve essere realizzato mediante piegature o forcelle in corrispondenza dei pilastrini in modo da garantire duttilità al sistema.

La percentuale di armatura deve essere compresa tra 0,04% e 0,5%.
Il copriferro consigliato (seppur non specificato dalla normativa) è di 5 cm da filo interno ed esterno, in questo modo si garantisce un'adeguato copriferro e contemporaneamente si permette di realizzare tracce per gli impianti (elettrico o aspirazione) senza danneggiare l'armatura. A seconda della quantità di tracce lo strutturista può decidere di ridurre la sezione resistente di muratura.

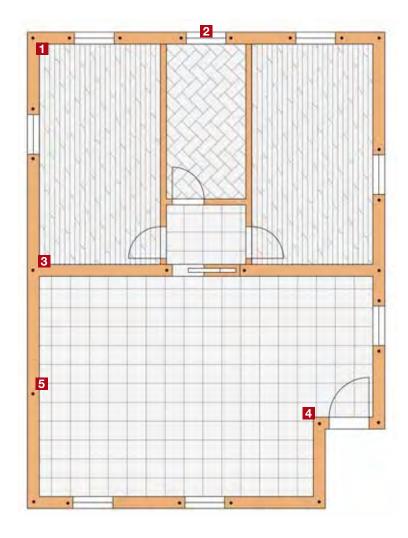
Disposizione delle armature verticali ed orizzontali in prospetto

- Armatura verticale min 1 **Φ**16 passo max 4 mt **(1)**
- Armatura orizzontale min 2 **Φ**5 passo ≤ 60 cm **(2)**
- Sovrapposizione armature min 60**Φ**

Armatura verticale

L'armatura verticale deve essere collocata all'interno degli appositi pilastrini che verranno riempiti con malta minimo M10.
I fori per alloggiamento delle barre senza armatura non vanno riempiti di malta.
Il diamentro minimo delle barre di armatura è 16 mm.
La percentuale di armatura deve essere compresa tra 0,05% e 1,0%.
Il posizionamento delle barre deve essere necessariamente in corrispondenza di ogni (come indicato in figura):

- Angolo;
- Spalletta di porte e finestre;
- Intersezione tra murature portanti;
- Estremo libero;
- Su pareti cieche con interasse non superiore a 4 m.

Il posizionamento nei punti obbligatori dovrà poi essere confrontato con la % minima verificando se si necessita di armatura integrativa.
L'ancoraggio con il cordolo inferiore viene realizzato con opportuni ancoranti chimici (resine epossidiche o in viniestere). La profondità di ancoraggio viene fornita dalla ditta produttrice della resina. In alternativa può essere lasciata un'armatura di ripresa dal cordolo di fondazione (questa metodologia risulta il più delle volte scomoda e poco funzionale all'impresa, complica le operazioni di getto e poco flessibile in caso di errori.
L'ancoraggio con il cordolo superiore viene realizzato mediante piegatura della barra all'interno del cordolo per almeno 20 cm.

Disposizione delle armature verticali in pianta

Sono indicate le 5 posizioni obbligatorie prescritte dalle NTC 2008 par. 4.5.7.

- Angolo **(1)**
- Spalletta di porte e finestre **(2)**
- Intersezione tra murature portanti **(3)**
- Estremo libero **(4)**
- Su pareti cieche con interasse non superiore a 4 m **(5)**

Organizzazione strutturale

L'edificio in muratura armata deve essere concepito come una struttura **tridimensionale**.

- Tutte le pareti murarie devono essere efficacemente connesse da solai tali da costituire **diaframmi rigidi**, cio comporta che l'azione sismica venga ripartita in funzione della rigidezza nel piano di ogni singolo pannello murario e non in modo uniforme: i maschi murari più resistenti subiranno un'azione maggiore di quelli meno resistenti;
- L'insieme strutturale deve essere in grado di reagire alle azioni orizzontali sismiche con un comportamento di tipo **globale**, al quale contribuisce soltato la resistenza delle pareti nel loro piano;
- Per garantire il comportamento globale, pareti ed orizzontamenti devono essere collegati tra loro mediante **cordoli in calcestruzzo armato**;
- Il collegamento tra **fondazione** e la struttura in elevazione avviene mediante la realizzazione di un cordolo in calcestruzzo armato alla base;
- Un pannello murario è considerato resistente alle azioni orizzontali quando ha una lunghezza maggiore o uguale a **0,3 volte l'altezza di interpiano**;

  La struttura dovrà garantire un **comportamento di tipo scatolare** globale.

Requisiti geometrici

La muratura armata deve rispettare i seguenti requisiti geometrici:

- Spessore minimo della muratura: t_{min} **≥ 240 mm**
- Snellezza massima della muratura: $\lambda = h_0/t \leq 15$
- Rapporto tra lunghezza del muro e altezza delle aperture adiacenti: **l/h' = qualsiasi**

La snellezza deve essere valutata in funzione della lunghezza libera di inflessione del muro h_0 dipendente dall'altezza del pannello murario h e dall'efficacia del vincolo fornito dalle murature portanti ortogonali ρ:

$$h_0 = \rho h$$

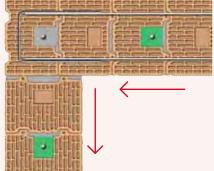
Il fattore laterale di vincolo può essere assunto sempre in favore di sicurezza pari a 1

Regole specifiche per muratura armata

- **Architravi**: gli architravi soprastanti le aperture possono essere realizzati in muratura armata;
- **NO metro d'angolo**: agli incroci tra pareti perimetrali è possibile derogare dal requisito di avere su entrambe le pareti zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m.

Particolari costruttivi

Angolo

Corso 1

Corso 2

Non è necessario avere pezzi speciali per l'angolo, infatti basta girare il blocco a corsi alterni e, grazie alla perfetta modularità (30x21 e 35x25) e al foro sfalsato asimmetrico, si avrà l'allineamento del pilastrino e l'ammorsamento dei blocchi.
I pilastrini nelle posizioni successive possono essere realizzati in tutte le direzioni con un preciso modulo di 21 cm per lo spessore 30 (25 cm di modulo nel caso di muratura spessore 35).

Spalletta

Corso 1

Corso 2

La spalletta necessita del mezzo blocco a corsi alterni.
La perfetta modularità dei blocchi permette di evitare tagli di qualunque tipo per le posizioni di armatura successive alla prima

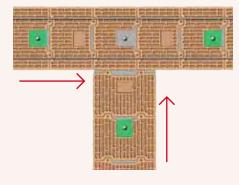
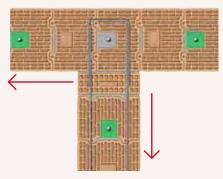
Dettagli costruttivi

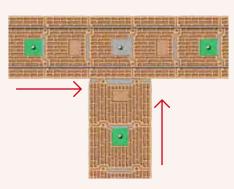
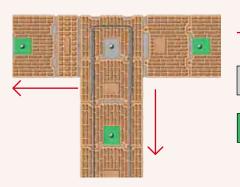
La muratura armata Evolution si differenzia da altri sistemi per la particolare modularità dei blocchi (30x21 e 35x25), grazie a questo modulo è possibile sempre realizzare tutti i particolari costruttivi **senza pezzi speciali** per angoli ed intersezioni, evitando sfridi, e problematiche di computo metrico.
Per tutti i particolari (angoli, spallette, intersezioni a T e ad X) viene rispettata una perfetta modularità di 21 cm (per lo spessore 30 cm) e di 25 cm (per lo spessore 35 cm), riuscendo a realizzare i pilastrini successivi al principale **evitando tagli di blocchi e pezzi speciali.**
Nelle immagini sottostanti sono indicati i pilastrini principali (colore grigio) ed i pilastrini secondari facoltativi dipendenti dal progetto esecutivo (colore verde) per lo spessore 30 cm. La modularità permette di realizzare un pilastrino ogni 21 cm (nelle figure viene indicato quello in seconda posizione ossia a 42 cm dal principale).
Tutti i blocchi **devono essere girati a corsi alterni** come indicato dalle frecce in figura, in questo modo si avrà la perfetta corrispondenza del pilastrino e contemporaneamente i blocchi ammorsati

Scarica la documentazione
tecnica su
www.wienerberger.it

- Schede tecniche
- Brochure muratura armata
- Certificati di resistenza meccanica
- FAQ

Intersezione a T

Corso 1

Corso 2

Le intersezioni tra murature portanti sono realizzate su quattro corsi per riuscire ad avere ammorsamento dei blocchi e corrispondenza dei fori per i pilastrini.
Anche in questo caso non occorrono pezzi speciali ma semplicemente il mezzo blocco.
Esiste anche la possibilità di realizzare le intersezioni in modo tradizionale ossia tagliando i blocchi per andare a creare le nicchie di ammorsamento.

Corso 3

Corso 4

Legenda

→ Verso di posizionamento del foro/maschiatura

Pilastrini obbligatori secondo NTC 2008 (grigio)

Pilastrini dipendenti dal progetto/facoltativi (verde)

Home for the elderly - Progetto Francisco and Manuel Aires Mateus © Foto: FG + SG/Fernando and Sérgio Guerra

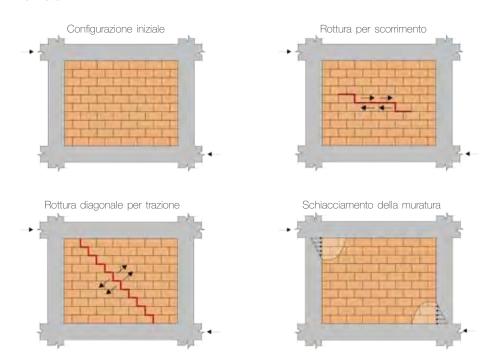
Muratura di Tamponamento

La muratura di tamponamento è una muratura che non assolve ad alcuna funzione strutturale in quanto viene utilizzata per la sola chiusura di specchiature di edifici a struttura intelaiata (calcestruzzo armato, acciaio,...). Il suo unico scopo è quello di costituire separazione tra l'ambiente esterno e quello abitato e ha l'unico obbligo di sorreggere il suo stesso carico. Le NTC 2008 ne delineano come unica caratteristica progettuale quella di essere verificate in funzione di eventuali ribaltamenti che possano provocare danni a persone.

Wienerberger propone un vasto numero di soluzioni per tamponamento tra le quali, quelle più interessanti, sono costituite dai blocchi rettificati di grande spessore a setti sottili o riempiti Porotherm PLAN, con prestazioni termiche eccezionali.

Tamponamenti: verifica nel piano

Con gli attuali metodi di calcolo FEM delle strutture vengono svolte analisi dettagliate per il telaio o i setti in cemento armato considerando le diverse combinazioni e disposizioni di carico, trascurando spesso la verifica degli elementi secondari, cioè tutti gli elementi costruttivi senza funzione strutturale, il cui danneggiamento può provocare danni a persone.
Gli elementi non strutturali più rilevanti sono infatti i tamponamenti: questi, nelle condizioni non sismiche, svolgono un ruolo statico generalmente modesto non comportando conseguenze rilevanti se lo stesso viene trascurato; nel caso invece delle sollecitazioni orizzontali, quali ovviamente l'azione sismica, assumono una rilevanza sostanziale nel determinare il comportamento globale dell'edificio. Il telaio e la tamponatura, infatti, hanno rigidezze significativamente diverse tra loro e conseguentemente un diverso comportamento di risposta alle azioni orizzontali nel piano del pannello murario: il telaio è maggiormente deformabile e giunge al collasso con comportamento duttile mediante la formazione di cerniere plastiche agli estremi di travi e pilastri, mentre la tamponatura è più rigida nel proprio piano ed arriva al collasso con comportamento fragile, caratterizzato da forze più elevate e spostamenti minori.
Nel complesso, analizzando la struttura composta telaio - pannello murario alle azioni orizzontali nel piano della tamponatura, la stessa lavora in modo efficace fin dall'inizio reagendo ad un'aliquota significativa dell'azione orizzontale; il telaio entra in gioco con il suo effetto di contenimento migliorando la capacità di resistenza della parete quando iniziano a manifestarsi fenomeni di fessurazione. Per piccole deformazioni si può assumere un comportamento elastico del sistema composto. All'aumentare delle deformazioni si verifica il distacco della tamponatura dai pilastri nelle zone in cui l'interazione chiederebbe tensioni di trazione, non esplicabili dal pannello. Si genera in questo modo una tensione di compressione lungo la diagonale della parete, tra uno spigolo e l'altro del telaio in cemento armato.

- Rottura per scorrimento orizzontale, dovuta alle tensioni tangenziali agenti nella zona centrale della tamponatura, al raggiungimento della resistenza al taglio ultima;
- Rottura della diagonale per trazione, dovuta alle tensioni di trazione inclinate agenti nella zona centrale della tamponatura;
- Rottura per schiacciamento locale degli spigoli del pannello murario, dovuta alla concentrazione delle forze orizzontali di interazione trasmesse dal telaio in cemento armato.

Tamponamenti: verifica fuori piano

Le NTC 2008 al punto 7.2.3 indicano che gli elementi costruttivi senza funzione strutturale il cui danneggiamento può provocare danni a persone (ad esempio le tamponature), devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura, per l'azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati. Si riportano i passi da seguire per svolgere la verifica dei tamponamenti in laterizio.

Caratteristiche del tamponamento

Per effettuare la verifica si parte, come primo passo, dallo studio delle caratteristiche geometriche e meccaniche della muratura, in particolare:

- spessore t, altezza l e larghezza L del tamponamento;
- densità della muratura (blocchi più malta);
- resistenza caratteristica a compressione del blocco f_{bk};
- tipo di malta utilizzata;
- resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k, stimata tramite tabella per i blocchi tradizionali o mediante prova sperimentale per i blocchi rettificati;
- resistenza di progetto a compressione della muratura $f_d = f_k / \gamma_M$;
- modulo elastico E;
- spessore e densità dell'intonaco;
- peso totale del tamponamento W_a.

Caratteristiche del sito

Occorre considerare anche le caratteristiche del sito attraverso l'individuazione del coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$$S = S_S \times S_T$$

desumibile dalle tabelle seguenti (dove a_g è l'accelerazione massima del terreno e F_0 l'amplificazione massima dello spettro orizzontale):

NTC 2008 - Tab. 3.2.V Coefficiente S_S	
Categoria	**Coefficiente S_S**
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40\ F_0\ a_g/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60\ F_0\ a_g/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50\ F_0\ a_g/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10\ F_0\ a_g/g \leq 1,60$

NTC 2008 - Tab. 3.2.VI Coefficiente di amplificazione topografica S_T		
Categoria	**Ubicazione dell'opera**	**Coefficiente S_T**
T1	-	1,0
T2	Sommità del pendio	1,2
T3	Cresta del rilievo	1,2
T4	Cresta del rilievo	1,4

Caratteristiche della struttura e calcolo del periodo di vibrazione

Si passa a questo punto a valutare le caratteristiche della struttura in termini di periodo fondamentale di vibrazione e del rapporto che i vari tamponamenti alle diverse quote di piano hanno con la struttura globale.

Le grandezze da considerare sono:

- altezza della costruzione dal piano di fondazione H;
- quota del baricentro del tamponamento dal piano di fondazione Z (pari a 0 in presenza di isolatori sismici);
- periodo fondamentale della struttura T_1, valutabile dall'analisi modale o tramite l'espressione semplificata dell'analisi statica lineare (per edifici con altezza inferiore a 40 m):

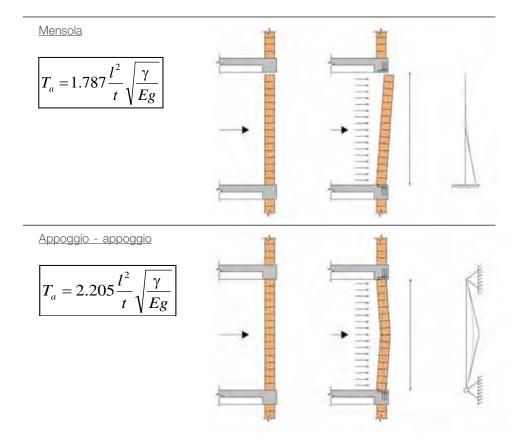
$$T_1 = C_1 H^{3/4}$$

con C1 funzione del tipo di struttura (0,085 per telai in acciaio, 0,075 per telai in c.a. e 0,05 per gli altri)

Calcolo del periodo di vibrazione del tamponamento

Il periodo proprio di vibrazione del tamponamento in laterizio T_a dipende da diversi fattori legati alla geometria della parete, alle caratteristiche del materiale e dallo schema statico; in dettaglio:

- altezza l e spessore t;
- modulo elastico E e peso per unità di volume γ.

L'espressione del periodo di vibrazione assume le seguenti forme, subordinate al tipo di schema statico e quindi dei vincoli ipotizzati in fase di progettazione:

Calcolo dell'accelerazione massima S_a

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0{,}5 \right]$$

Calcolo della forza sismica orizzontale agente sul tamponamento

La forza sismica orizzontale agente sulla tamponatura, con effetto di ribaltamento, si valuta con l'espressione seguente:

$$F_a = S_a \cdot W_a / q_a$$

dove q_a è il fattore di struttura dell'elemento, pari a 2 per le tamponature in laterizio.

Calcolo del momento sollecitante sul tamponamento

Il momento sollecitante agente sul tamponamento, derivante dalla forza sismica orizzontale, si può calcolare considerando una distrubuzione uniforme sull'altezza del tamponamento. Ad esempio, nel caso dello schema statico appoggio-appoggio, si ottiene:

$$M_{Ed} = \frac{\frac{F_a}{l} \cdot l^2}{8}$$

Calcolo del momento resistente ultimo del pannello murario per pressoflessione fuori del piano

Il momento resistente ultimo valutato nella sezione di mezzeria, considerando le seguenti ipotesi di calcolo:
assunzione di un diagramma rettangolare delle compressioni;
valore della resistenza pari a 0,85 fd;
resistenza a trazione della muratura trascurabile;

$$M_{Rd} = \left(L \cdot x^2 \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \cdot \left[1 - \frac{\sigma_0}{0{,}85 f_d} \right]$$

dove L è la larghezza dell'elemento non strutturale nella direzione perpendicolare alla Fa (generalmente L=1m); x è lo spessore della sezione resistente dell'elemento non strutturale nella direzione della F_a e può assumere i seguenti valori: x=t se e≤t/6 altrimenti x=3u, con u=t/2-e; e è l'eccentricità dovuta alle azioni orizzontali considerate agenti in direzione normale al piano della muratura

$$e = \frac{M_{Ed}}{N}$$

N è lo sforzo normale agente in mezzeria, pari al peso di metà altezza di pannello murario

$$N = \frac{W_a}{2}$$

infine σ_0 è la tensione normale media di compressione riferita all'area totale della sezione

$$\sigma_0 = \frac{N}{t \cdot L}$$

Verifica al ribaltamento della tamponatura

Se $M_{Rd} > M_{Ed}$ la verifica è soddisfatta.

Resistenza al fuoco

Normativa di riferimento e prestazioni

Quadro normativo italiano sulla resistenza al fuoco

D.M. 30/11/1983
Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi

D.M. 10/03/2005
Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio

D.M. 15/03/2005
Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo

UNI EN 13501-1
Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco

D.M. 07/08/2012
Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi

D.M. 16 Febbraio 2007
Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione

D.M. 9 Marzo 2007
Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco

Circ. M.I. VV.F. 15/02/2008, prot. 1968
Pareti di muratura portanti resistenti al fuoco

UNI EN 1364-1
Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Muri

UNI EN 13501-2:2009
Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione

Reazione e resistenza al fuoco

Il comportamento di un materiale nei confronti del fuoco comprende quell'insieme di trasformazioni fisico-chimiche conseguenti all'esposizione all'azione del fuoco.
La definizione generale di comportamento al fuoco comprende poi due concetti fondamentali, ben definiti e distinti dalla normativa italiana attualmente vigente: la **reazione al fuoco** e la **resistenza al fuoco**.
Nel caso del laterizio, questi due aspetti sono tra loro concettualmente ed operativamente diversi: la reazione al fuoco riguarda la classificazione del materiale mentre la resistenza al fuoco ricopre un aspetto propriamente progettuale.

Reazione al fuoco: definizione, legislazione vigente, classificazione

La reazione al fuoco rappresenta il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto ed è definita dal **D.M. 30.11.1983** "Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi".
La reazione al fuoco di un materiale è una proprietà complessa, definita da un insieme di parametri, i principali sono:

- **infiammabilità**, intesa come capacità del materiale di entrare e permanere in stato di combustione, con emissione di fiamme;
- **post-incandescenza** o **persistenza della combustione**, riferita al permanere di zone incandescenti dopo lo spegnimento della fiamma, che potrebbero innescare nuovamente il fuoco;
- **sviluppo di calore** nell'unità di tempo;
- **velocità di propagazione** della fiamma;
- **produzione di sostanze nocive**, intesa come capacità di emettere gas e vapori tossici durante la combustione.

La classificazione, in allegato al **D.M. 15 marzo 2005**, con modifiche apportate dal **D.M. 16 febbraio 2007**, derivata dalla **direttiva 89/106/CEE**, divide i materiali da costruzione (eccetto i pavimenti) in sette classi, inserendo al primo posto materiali non infiammabili e all'ultimo materiali autoestinguenti: **A1, A2, B, C, D, E, F**.

I valori per la classificazione sono ottenuti esclusivamente da prove di laboratorio. La classe di reazione al fuoco fornisce quindi un giudizio sull'attitudine del materiale a contribuire o meno al carico di incendio. A livello normativo quindi la reazione al fuoco è definita dai seguenti decreti:

- **D.M. 10.3.2005** "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio";
- **D.M. 15.3.2005** "Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo".

Per gli elementi di laterizio per muratura, essendo vigente fin dal 2006 la specifica norma tecnica armonizzata (**EN 771-1, marcatura CE**), si applica integralmente la classificazione prevista dal D.M. 10.3.2005 e, come previsto dalla stessa norma armonizzata, **i prodotti in laterizio vengono classificati ai fini della reazione al fuoco in "Euroclasse A1"**.
Questa classe prevede che i materiali in essa inclusi non debbano essere sottoposti a prova. Il laterizio infatti, essendo un materiale che ha già affrontato il fuoco durante la fase di cottura, non è infiammabile e non fornisce quindi alcun contributo all'incendio.
Vincolo per appartenere alla classe A1, inoltre, è la non presenza di più dell'1% in peso o volume (in base a quello che produce l'effetto più restrittivo) di materiale organico.

D.M. 15/03/2005 - Classificazione di reazione al fuoco dei materiali secondo

Classe	Descrizione
A1	Il materiale non è combustibile (es.: laterizio, lana di roccia, perlite,...)
A2	Il materiale non contribuisce in maniera significativa alla propagazione dell'incendio
B	Il materiale è debolmente combustibile
C D E	Il materiale è combustibile (es: polistirolo, polistirene, legno, fibra di legno,...)
F	Non classificato

Resistenza al fuoco: definizione, legislazione vigente, classificazione

La resistenza al fuoco rappresenta la capacità dei prodotti e delle opere da costruzione di conservare determinate caratteristiche meccaniche per un certo tempo durante un incendio. Non si deve confondere la reazione al fuoco, che è una proprietà del materiale, con la resistenza al fuoco, che è invece la prestazione fornita da un elemento costruttivo in caso di incendio. Quest'ultima, indicativa del comportamento in opera dell'elemento, è misurata dal tempo in cui l'elemento stesso perde la sua efficienza per azione della fiamma.
I decreti riguardanti la resistenza al fuoco dei materiali da costruzione che disciplinano attualmente la materia sono il **D.M. 16 febbraio 2007** "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione" e il **D.M. 9 marzo 2007** "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco", che hanno abrogato e sostituito la Circ. 14 Settembre 1961 n. 91 "Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati in acciaio destinati ad uso civile".
Questi due decreti, emanati nel 2007, hanno modificato in modo significativo la legislazione previgente, recependo il sistema europeo di classificazione della resistenza al fuoco dei prodotti e delle opere da costruzione.
Il D.M. 9.3.2007 stabilisce i criteri per determinare le prestazioni di resistenza al fuoco che devono avere le costruzioni nelle attività soggette al controllo dei Vigili del fuoco prive di specifiche regole tecniche di prevenzione incendi.
Con quest'ultimo decreto viene abrogata la precedente Circolare del Ministero dell'Interno n. 91 "Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati ad uso civile", la cui applicazione era stata estesa anche ai fabbricati in calcestruzzo armato e/o precompresso, in legno, a struttura mista, in muratura, ecc., di destinazione anche diversa da quella di uso civile.
La "resistenza al fuoco" era definita dal **D.M. 30.11.1983** come l'attitudine di un elemento costruttivo, sia esso componente o struttura, a conservare, secondo un programma termico prestabilito e per un certo periodo di tempo, la stabilità (R), la tenuta (E) e l'isolamento termico (I).
Queste tre grandezze a loro volta sono definite come:

- **stabilità R** è l'attitudine di un elemento da costruzione a conservare la propria resistenza meccanica sotto l'azione dell'incendio;
- **tenuta E** è la capacità di un elemento da costruzione di non lasciar passare fiamme, vapori o gas caldi dal lato esposto a quello non esposto;
- **isolamento I** è l'attitudine di un elemento costruttivo a ridurre, entro determinati limiti, la trasmissione del calore.

Successivamente il **D.M. 9.3.2007** ha apportato alcuni aggiornamenti alla definizione di resistenza al fuoco, come la **capacità di compartimentazione in caso d'incendio** (attitudine di un elemento costruttivo a conservare sotto l'azione del fuoco un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi ed ai gas caldi della combustione) e la **resistenza al fuoco** intesa come una delle fondamentali strategie di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza della costruzione in condizioni di incendio, sia nei riguardi della capacità portante degli elementi strutturali che quella di compartimentazione di elementi sia strutturali che non (ad esempio tamponamenti, porte o tramezzature).
La **classe di resistenza al fuoco** viene di conseguenza definita come "intervallo di tempo, espresso in minuti, definito in base al carico di incendio specifico di progetto, durante il quale il compartimento antincendio garantisce la capacità di compartimentazione".
Le **classi di resistenza al fuoco** previste dal D.M. 16.2.2007 sono le seguenti: **15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360** (espresse in minuti). Esse rappresentano il tempo, in minuti, al di sotto del quale l'elemento costruttivo è in grado di mantenere e garantire le funzioni richieste in relazione allo specifico campo di impiego (in generale la classe di resistenza al fuoco è determinata dal più basso valore di uno dei parametri richiesti per il caso in esame).

Resistenza al fuoco: metodo tabellare

Resistenza al fuoco delle murature in laterizio - Allegati al D.M. 16.02.2007
Il D.M. 16.2.2007 distingue per la classificazione al fuoco le murature in **portanti** e **non portanti** (ad esempio tamponamenti).
Questo aspetto rappresenta sicuramente una delle principali novità di impostazione della legislazione attuale rispetto a quella precedente.

Nell'Allegato A vengono indicati:

- **elementi portanti** (muri) con funzione di compartimento antincendio (D.M. 16.2.2007, All. A, Tab. A.2.1): prestazione e classe di resistenza al fuoco **REI**;
- **elementi non portanti** di separazione (pareti divisorie e di tamponatura) (D.M. 16.2.2007, All. A, Tab. A.4.1): prestazione e classe di resistenza al fuoco **EI**.

Per una parete non avente funzione portante la vecchia Classe "REI" è assolutamente equivalente alla nuova Classe "EI" (Si tratta esclusivamente di una differente simbologia rispetto alla normativa precedente).
Il D.M. 16.2.2007 precisa inoltre che, in generale, le modalità con cui si può procedere alla determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco di un elemento costruttivo sono le seguenti:

- **prove**, da svolgersi presso laboratori autorizzati dal Ministero dell'Interno (metodo sperimentale);
- **calcoli** (metodo analitico);
- **confronti con tabelle** (metodo tabellare).

Per quanto riguarda il metodo analitico, come specificato nell'Allegato C, l'unico riferimento per eseguire i calcoli è rappresentato dall'Eurocodice 6 e relativa Appendice Nazionale (UNI EN 1996-1-2 "Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio"). Tuttavia il calcolo è limitato alle pareti portanti, ed è inoltre necessario validare il modello analitico con idonea sperimentazione attraverso prove standard (in pratica il metodo analitico è inapplicabile senza prove sperimentali).
Ne consegue che, per gli elementi costruttivi in muratura, è necessario ricorrere a criteri di valutazione esclusivamente secondo le modalità delle prove di laboratorio o del confronto tabellare.

Metodo tabellare per murature non portanti - D.M. 16.02.2007

Il decreto, nell'Allegato D, indica i riferimenti per la valutazione tabellare della resistenza al fuoco per murature non portanti. Nella **tabella D.4.1** sono espressi gli spessori minimi (espressi in mm dei blocchi escluso l'intonaco) per ottenere le **classi EI** in funzione della percentuale di foratura dei blocchi e del tipo di intonaco impiegato. Si considera l'esposizione al fuoco di un lato del muro che deve rispettare le seguenti limitazioni:

- h* ≤ 4 m
- presenza di 10 mm di intonaco su entrambe le facce ovvero 20 mm sulla sola faccia esposta al fuoco.

D.M. 16/02/07 - Tab. D.4.1 - Murature non portanti in blocchi (spessori minimi)				
Classe EI	foratura ≤ 55%	foratura > 55%	foratura ≤ 55%	foratura >55%
	Intonaco normale		Intonaco protettivo antincendio	
30	100	120	80	80
60	120	150	80	100
90	150	180	100	120
120	180	200	120	150
180	200	250	150	180
240	250	300	180	200

Intonaco normale: intonaco tipo sabbia e cemento, sabbia cemento e calce, sabbia calce e gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 1000 e 1400 kg/m^3

Intonaco protettivo antincendio : intonaco tipo gesso, vermiculite o argilla espansa e cemento o gesso perlite o gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 600 e 1000 kg/m^3

Metodo tabellare per murature portanti - Circolare VVF 1968 del 15.02.2008

Il Dipartimento dei Vigili del fuoco del Ministero dell'Interno ha emanato una Circolare che va ad integrare l'Allegato D del D.M. 16.2.2007 con una specifica tabella di riferimento valida per le murature portanti resistenti al fuoco.
La tabella riporta i valori minimi (mm) dello spessore s di murature portanti di blocchi (normali o porizzati, esclusi gli intonaci) esposte su un lato, sufficienti a garantire i requisiti REI per le classi indicate con le seguenti limitazioni che dovranno comunque essere rispettate:

- rapporto h*/s ≤ 20
- h* ≤ 8 m

Circolare VVF 1968 - Murature portanti in blocchi (spessori minimi in mm)		
Classe REI	Pieno (foratura ≤ 15%)	Semipieno e forato (15% < foratura < 55%) *
30	120	170
60	150	170
90	170	200
120	200	240
180	240	280
240	300	300

presenza di 10 mm di intonaco su ambedue le facce ovvero di 20 mm sulla sola faccia esposta al fuoco

Nella tabella sono contemplati anche spessori inferiori rispetto ai minimi normativi delle NTC 2008 per muratura portante in zona sismica e non; questo perchè si deve tener conto anche degli edifici esistenti, costruiti in epoche diverse, e per i quali è possibile che siano presenti murature portanti con spessori anche inferiori ai limiti attualmente consentiti.

** altezza della parete tra due solai*

Resistenza al fuoco: prove di laboratorio

Prove sperimentali di resistenza al fuoco

Si illustrano i risultati di prove di resistenza al fuoco effettuate in laboratorio, svolte su tramezze in laterizio seguendo la metodologia indicata nella **UNI EN 1364-1** (Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Muri) e la classificazione EI in accordo alla **UNI EN 13501-2:2009** (Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione).

NB: le prove di laboratorio vengono in genere realizzate per le sole partizioni di spessore ridotto, in quanto le murature di grande spessore sono già opportunamente certificabili con alti valori di resistenza al fuoco grazie al metodo tabellare

Pareti certificate

Di seguito vengono riportate le indicazioni con cui si procede alle prove di laboratorio per pareti non portanti in tramezze di laterizio.
Le tramezze sono posate opportunamente sfalsate ed intonacate su ambo i lati, con dimensioni del pannello murario di 3,2 m x 3,2 m; i giunti orizzontali sono in malta tipo M5 spessore 10 mm; i giunti verticali sono ad incastro. I tre bordi vincolati perimetrali della parete a contatto con l'intelaiatura di prova sono fissati con malta M5 secondo UNI EN 998-2 per uno spessore di 10 mm; la parete è rifinita con intonaco tipo M5 spessore 15 mm per lato. Le condizioni di esposizione sono le seguenti:

- Curva temperatura/tempo: standard (le condizioni di riscaldamento e l'ambiente del forno rispondono a quanto indicato nella EN 1363-1, punti 5.1.1, 5.1.2 e 5.2.1);
- Direzione di esposizione: campione simmetrico (lato esposto al fuoco corrispondente ad uno dei due lati della parete);
- Numero di superfici esposte: 1.

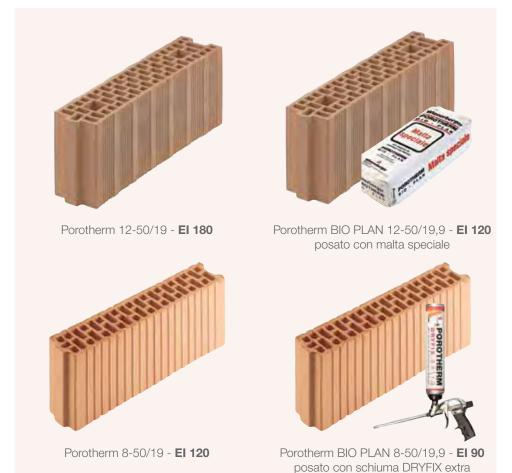
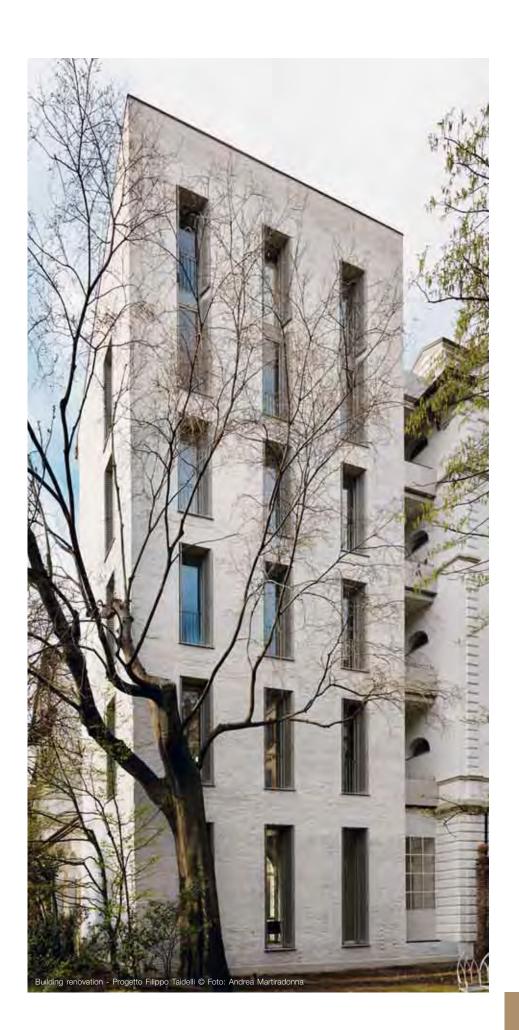
Porotherm 12-50/19 - **EI 180**

Porotherm BIO PLAN 12-50/19,9 - **EI 120**
posato con malta speciale

Porotherm 8-50/19 - **EI 120**

Porotherm BIO PLAN 8-50/19,9 - **EI 90**
posato con schiuma DRYFIX extra

Building renovation - Progetto Filippo Taidelli © Foto: Andrea Martiradonna

Acustica
Quadro normativo e progettazione

Quadro normativo italiano sull'acustica

D.P.C.M. 05/12/97

Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici in GU n. 297 del 22/12/97

Norma UNI 11367

Acustica in edilizia, classificazione acustica delle unità immobiliari, procedura di valutazione e verifica in opera

UNI EN ISO 12354-1

Acustica in edilizia, stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti

UNI EN ISO 140-3

Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio

Quadro generale e finalità dei provvedimenti

Il **DPCM 5/12/97** è il documento di riferimento normativo italiano per l'acustica in edilizia. Definisce i valori (minimi o massimi) di rumore riscontrabili all'interno degli edifici riguardanti:
- rumore tra differenti unità immobiliari;
- rumore esterno;
- rumore da calpestio;
- rumore di impianti a funzionamento continuo o discontinuo.

Il decreto classifica in 7 categorie gli ambienti abitati, per ognuna delle quali fissa i livelli di isolamento acustico relativamente a determinate prestazioni dei singoli componenti dell'edificio.

Il 22 luglio 2010 è stata pubblicata la norma tecnica **UNI 11367** – "Acustica in edilizia, classificazione acustica delle unità immobiliari, procedura di valutazione e verifica in opera" – che permette di determinare, in modo simile all'attestato di prestazione energetica (APE), una classificazione acustica dell'edificio esistente in base ad opportune misure fonometriche da realizzarsi in opera.
La norma prevede quattro differenti classi di efficienza e classificazione acustica ma, ad oggi (Marzo 2015), non è richiamata in alcun documento legislativo. Pertanto l'applicazione delle classi acustiche è volontaria. Il rispetto di una specifica classe acustica diventa obbligatorio se previsto dalle condizioni contrattuali.

D.P.C.M. 05/12/97 - Allegato A - Tabella A Classificazione degli ambienti abitativi (Art. 2)	
Categoria	**AMBIENTI**
A	Residenze o assimilabili
B	Uffici o assimilabili
C	Alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Scuole a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici per attività ricreative, di culto o assimilabili
G	Edifici per attività commerciali o assimilabili

I requisiti del D.P.C.M. 05/12/97

Di seguito la tabella riassuntiva dei limiti acustici secondo il D.P.C. M. 05/12/97.
Nei particolari rigurdi della muratura, i valori a cui fare riferimento sono **R'_w** e **$D_{2m,n,Tw}$**.

D.P.C.M. 05/12/97 - Allegato A - Tabella B Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici					
Categoria	**R'_w [dB]**	**$D_{2m,n,T,w}$ [dB]**	**$L'_{n,w}$ [db]**	**L_{ASmax} [dB]**	**L_{Aeq} [dB]**
A	50	40	63	35	35
B	50	42	55	35	35
C	55	40	63	35	35
D	50	45	58	35	35
E	50	48	58	35	25
F	50	42	55	35	35
G	50	42	55	35	35
R'_w	indice del potere fonoisolante apparente riferito a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari				
$D_{2m,n,T,w}$	indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata				
$L'_{n,w}$	indice del livello del rumore di calpestio				
L_{ASmax}	livello massimo della pressione sonora con costante di tempo slow per servizi a funzionamento discontinuo				
L_{Aeq}	livello continuo equivalente di pressione sonora per servizi a funzionamento continuo				

I requisiti della norma UNI 11367

In riferimento alla norma UNI 11367 si riporta una tabella riassuntiva nella quale si rilevano i valori limite da rispettare nei riguardi della classificazione acustica. La classificazione, come detto, definisce la qualità acustica degli edifici oggetto di studio: alla classe I corrisponde una qualità di fonoisolamento migliore; viceversa, alla classe IV corrisponde una qualità acustica di fonoisolamento scadente.
In particolare si rilevano limiti diversi per diverse tipologie edilizie, dove quelle destinate alla ricezione (alberghi) risultano più restrittive. Gli ospedali, le case di cura e le scuole (a tutti i livelli) non sono soggette a classificazione.

UNI 11367 - Tabella 1 Valori limite per le varie classi acustiche							
Classe acustica	**INDICI DI VALUTAZIONE / LIVELLI GLOBALI**						
	Residenziale; Direzionale ed ufficio; Ricettiva; Ricreativa; Di culto; Commerciale					*Ricettiva*	
	$D_{2m,nT,w}$ [db]	R'_w [dB]	L'_{nw} [dB]	L_{ic} [dBA]	L_{id} [dBA]	$D_{nT,w}$ [dB]	L'_{nw} [dB]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30	≥ 56	≤ 53
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33	≥ 53	≤ 58
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37	≥ 50	≤ 63
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42	≥ 45	≤ 68

Nel caso vengano rilevate in opera prestazioni peggiori rispetto alla classe IV, il requisito risulta non classificabile e viene identificato con l'acronimo NC.
Nel caso un descrittore non sia significativo per l'unità immobiliare in esame, ad esempio un appartamento non soggetto a rumori da impianti a funzionamento continuo, si adotta la sigla NP, cioè "non pertinente".
I limiti della tabelle sono validi per tutte le destinazioni d'uso ad eccezione di ospedali e scuole. Per queste tipologie di edifici la norma propone, nell'Appendice A, alcuni valori di riferimento per definire costruzioni con prestazioni acustiche "di base" o "superiori".

NB: i valori indicati si riferiscono esclusivamente ad una classificazione acustica volontaria; è tuttavia presumibile che, nel futuro D.P.C.M. che recepirà la norma in questione, questi valori siano presi come riferimento come nuovi valori limite, considerando come valori di base quelli riferiti alla classe III.

Potere fonoisolante: metodologie di calcolo

Le misure di potere fonoisolante effettuate sugli edifici reali tengono conto di tutte le forme di trasmissione dell'energia sonora dall'ambiente emittente a quello ricevente (trasmissione diretta, trasmissione laterale aerea e laterale strutturale): si parla quindi di potere fonoisolante apparente R' (che tiene in considerazione di tutte le forme di tramissione dell'onda sonora) per distinguerlo da quello "puro" R riferito alla sola componente diretta.
Il metodo di calcolo del potere fonoisolante apparente è relativamente complesso e richiede la conoscenza di tutte le stratigrafie murarie analizzati, anche quelle laterali alle pareti oggetto di studio. Il metodo è dettagliato nella norma UNI EN ISO 12354-1, ma può essere semplificato nei riguardi dei componenti opachi verticali (murature) con la cosiddetta "Legge della massa".

Poiché i limiti normativi dell'isolamento acustico impongono valori minimi più alti per i divisori tra alloggi rispetto a quelli delle murature perimetrali di facciata (R'_w min = 50 dB contro $D_{2m,n,T,w}$ min = 40 dB), risulta più difficile garantire un buon isolamento acustico nei divisori tra alloggi piuttosto che nelle murature perimetrali. Le murature che compongono l'involucro sono in genere murature di grande spessore (oltre i 30 cm), i cui punti deboli a cui prestare attenzione, sono le aperture (finestre, porte e cassonetti), in quanto le murature di grande spessore garantiscono da sole un potere fonoisolante attorno ai 50 dB.
Per quanto riguarda le pareti divisorie tra alloggi, invece, è necessario garantire un potere fonoisolante maggiore per cautelarsi nei confronti di errori di posa e realizzazione delle tracce per gli impianti.

La legge della massa

Nel valutare la prestazione di fonoisolamento di una parete, è possibile fare riferimento a prove di laboratorio realizzate su precise stratigrafie murarie oppure a una valutazione basata sulla massa superficiale degli elementi che compongono la parete.
Sulla base di un'analisi su un consistente numero di prove di laboratorio effettuate dall'Università di Padova e dall'Istituto Giordano in collaborazione con il Consorzio Alveolater, si è scoperto che esiste una corrispondenza diretta tra la massa di una parete e il potere fonoisolante che la stessa può garantire: più la massa della parete è elevata, più essa isola dai rumori, secondo una proporzione logaritmica.

E' quindi consigliabile, per ottenere elevati valori di potere fonoisolante, progettare e realizzare edifici con murature pesanti di grande spessore.
In alternativa è possibile scegliere stratigrafie murarie più complesse, che siano costituite cioè da più strati murari per realizzare il cosiddetto sistema "massa - molla - massa", dove le "masse" sono rappresentate dalla muratura e la "molla" è costituita dagli strati all'interno del muro generalmente realizzati con pannelli isolanti fonoassorbenti.
A seconda della stratigrafia muraria, la legge della massa cambia proprio per tenere in considerazione le possibili diverse configurazioni delle murature.

Pareti monostrato

Tali formule permettono quindi la stima semplificata del potere fonoisolante a partire dal solo valore della massa superficiale di queste.
In ambito nazionale si considera, per pareti in laterizio normale o alleggerito di massa superficiale tra 50 e 400 Kg/m² la realezione

$$R_w = 20 \text{ Log } M$$

eventualmente modificabile in

$$R_w = 20{,}5 \text{ Log } M$$

per intervelli di massa superficiale complessiva tra 230 < M < 400 Kg/m²

Pareti doppie

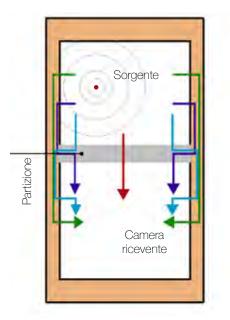
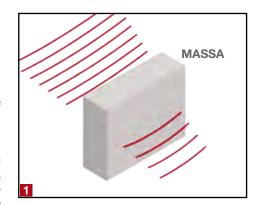
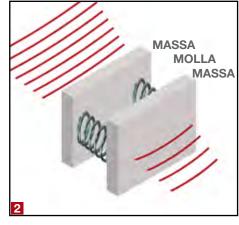
Diverso è il discorso relativo alle pareti doppie. Per sfruttare al meglio le proprietà fonoisolanti delle pareti doppie in laterizio a intercapedine vuota, occorre che l'intercapedine sia almeno 10 cm per modulare meglio le frequenze sonore, con la relazione:

$$R_w = 20 \text{ Log } M + 20 \text{ Log } (d-10)$$

dove d è lo spessore dell'intercapedine espresso in cm.

Per valutazioni di murature doppie con pannelli fonoassorbenti interposti, in un ambito di massa superficiale complessivo compreso tra 230 < M < 400 Kg/m², la relazione diventa

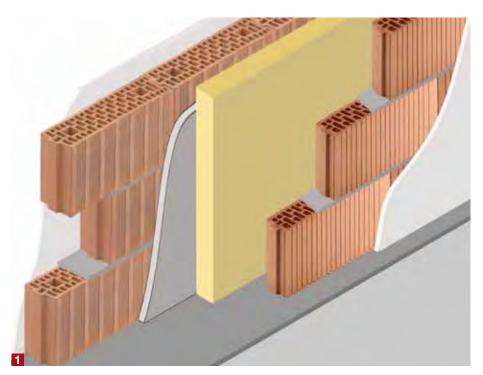
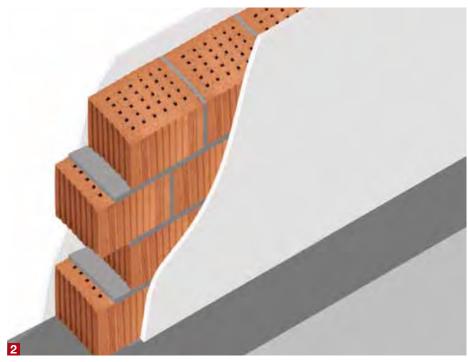
$$Rw = 22{,}3 \text{ Log } M$$

Tale relazione è però molto a favore di sicurezza; i dati sperimentali, in particolare sulle murature doppie certificano valori di fonoisolamento generalmente superiori.

La trasmissione del rumore attraverso la partizione verticale (parete) distinta in diretta (freccia rossa) e laterale (altre frecce)

Il sistema di partizione verticale massivo (1) e il sistema massa-molla-massa (2)

Potere fonoisolante: suggerimenti per la progettazione

Esistono una serie di principi generali da osservare, per il controllo del rumore, ed alcuni accorgimenti da adottare per evitare problemi costruttivi dovuti a una non attenta progettazione.
Parallelamente, è necessario che la posa in opera, nei riguardi dell'acustica, sia la più precisa possibile.
Per quanto riguarda il controllo dei rumori aerei, si osservi innanzitutto che, se i divisori tra unità immobiliari devono rispettare almeno 50 dB (limite normativo), essi dovranno essere realizzati con pareti certificate in laboratorio (o calcolate con la legge della massa) con valori di R_w di almeno 53/55 dB. Questo perché una riduzione di 3/5 dB è tipica per le pareti realizzate in opera a causa di una posa non a perfetta regola d'arte dei blocchi e della malta e all'eventuale realizzazione di tracce per impianti su queste pareti.
Nelle pareti doppie è bene utilizzare materiali diversi oppure uguali ma di spessore differente, in maniera da realizzare una muratura asimmetrica; questo favorisce la formazione di una barriera acustica efficace su una gamma maggiore di frequenze.
E' sempre consigliabile, nelle murature divisorie tra alloggi, abbondare nelle quantità di malta utilizzata in maniera da aumentare la pesantezza dei comparti murari e, possibilmente, inserire uno strato di rinzaffo all'interno delle intercapedini (fig. 1).
Anche aumentare lo spessore degli intonaci aiuta a migliorare la prestazione acustica poiché si appesantisce lo strato murario.
L'alternativa alla doppia muratura è quella di utilizzare una parete molto massiva che assolva alle stesse prestazioni di fonoisolamento grazie all'elevato peso della stessa; in questo caso si può procedere intonacando semplicemente la parete (fig. 2: parete massiva **Porotherm Sonico**) o, in alternativa, valutare la realizzazione di una contro fodera.
Per i rumori impattivi la massa è poco importante: è bene procedere a una desolidarizzazione della parete utilizzando opportune membrane bituminose tra il solaio e il primo corso di blocchi al fine di limitare il più possibile la trasmissione laterale del rumore; le stesse membrane possono essere predisposte sui fianchi della muratura purché non venga meno il rischio di ribaltamento delle stesse.

1

2

Muratura monostrato

Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica λequ	Spessore
	Kg/m³	Kg/m²	W/mK	cm
Intonaco base calce	1.500	22,5	0,54	1,5
Pth BIO PLAN 42,5 T - 0,09	780	322	0,09	42,5
Intonaco base calce	1.500	22,5	0,54	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (compresi gli intonaci)	Trasmittanza termica U	Sfasamento s	Trasmittanza termica periodica Y_{IE}	Potere fonoisolante R_w
cm	Kg/m²	W/m²K	ore	W/m²K	dB
45,5	367	0,20	27,93	0,002	51

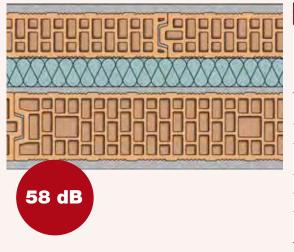
I valori del potere fonoisolante sono dedotti dalla legge della massa R_w = 19,9 Log (M)

Muratura blocco + cappotto

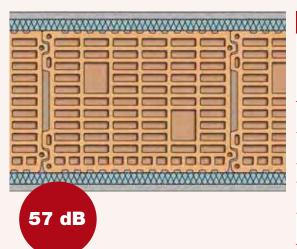
Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica λequ	Spessore
	Kg/m³	Kg/m²	W/mK	cm
Intonaco silossanico per cappotto	1.500	7,5	0,3	0,5
Cappotto in lana di roccia	40	4,8	0,035	12
Pth BIO PLAN 30 ETICS	860	268	0,14	30
Intonaco base calce	1.500	22,5	0,54	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (compresi gli intonaci)	Trasmittanza termica U	Sfasamento s	Trasmittanza termica periodica Y_{IE}	Potere fonoisolante R_w
cm	Kg/m²	W/m²K	ore	W/m²K	dB
44	303	0,17	19,03	0,041	55

I valori del potere fonoisolante sono dedotti da prove sperimentali condotte in laboratorio

Doppia muratura

Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica λequ	Spessore
	Kg/m³	Kg/m²	W/mK	cm
Intonaco tradizionale	1.800	27	0,9	1,5
Pth BIO PLAN 8	900	80	0,19	8
Pannello fonoassorbente in fibra	40	2	0,035	5
Rinzaffo	1.800	18	0,9	1
Pth BIO PLAN 12	900	110	0,18	12
Intonaco base calce	1.800	27	0,9	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (senza gli intonaci)	Trasmittanza termica	Sfasamento	Trasmittanza termica periodica	Potere fonoisolante
		U	s	Y_{IE}	R_w
cm	Kg/m²	W/m²K	ore	W/m²K	dB
29	264	0,37	12,55	0,077	58

I valori del potere fonoisolante sono dedotti da prove sperimentali condotte in laboratorio

Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico	Massa superficiale	Conducibilità termica λequ	Spessore
	Kg/m³	Kg/m²	W/mK	cm
Pannello in fibra di gesso	800	10	0,25	1,25
Pannello fonoassorbente in fibra	40	0,8	0,035	2
Pth BIO PLAN 25	860	223	0,15	25
Pannello fonoassorbente in fibra	40	0,8	0,035	2
Pannello in fibra di gesso	800	10	0,25	1,25

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (senza gli intonaci)	Trasmittanza termica	Sfasamento	Trasmittanza termica periodica	Potere fonoisolante
		U	s	Y_{IE}	R_w
cm	Kg/m²	W/m²K	ore	W/m²K	dB
31,5	245	0,33	15,58	0,0195	57

I valori del potere fonoisolante sono dedotti da prove sperimentali condotte in laboratorio

Sistema PLAN

© Foto: Patrick Ranz

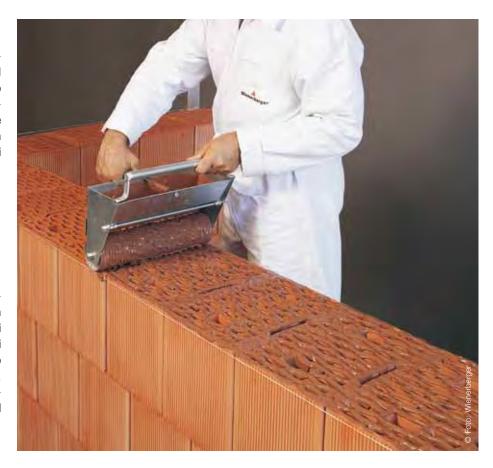
L’innovazione del laterizio

I blocchi rettificati

Da tempo impiegati in numerosi Paesi europei, i blocchi a incastro Porotherm PLAN sono elementi con le facce di appoggio superiori e inferiori “rettificate”, e cioè perfettamente planari e parallele. La rettifica è un processo che permette di spianare con precisione millimetrica le superfici superiori e inferiori del blocco.

© Foto: Wienerberger

Giunti di solo 1 mm

Grazie alla rettifica delle facce di allettamento è possibile eseguire murature con giunti orizzontali molto sottili: solo 1 mm di spessore contro i circa 10 necessari per i normali blocchi. Per questo è necessario impiegare la **Malta Speciale Porotherm**, che va stesa con un apposito rullo sul corso della muratura oppure direttamente sul blocco per immersione.

Malta speciale

La **Malta Speciale Porotherm categoria M10** viene fornita insieme ai blocchi nella quantità necessaria a eseguire l’opera. Confezionata in sacchi, è facilmente mescolabile con acqua all’interno di un normale secchio utilizzando un semplice trapano munito di mescolatore.

Non è quindi necessario disporre di silos per lo stoccaggio della malta comune, semplificando quindi l’organizzazione del cantiere, che rimane inoltre decisamente più pulito rispetto ad una soluzione tradizionale, grazie anche al minor consumo di acqua.

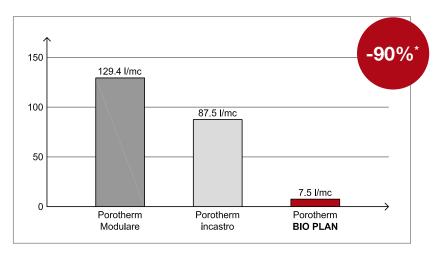
Sistema Porotherm DRYFIX Extra

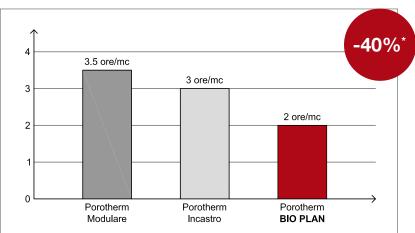
L’adesivo di nuova generazione Porotherm DRYFIX Extra ideato per la posa dei blocchi rettificati **Porotherm PLAN**, semplifica la realizzazione della muratura in quanto non necessita di preparazione ma è già pronto all’uso.

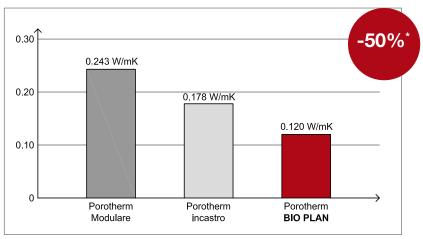
Particolarmente indicato per le ristrutturazioni, Porotherm DRYFIX Extra consente una posa rapida e precisa con risparmi di tempo di oltre il 50% rispetto alle murature tradizionali, garantendo inoltre massima pulizia in cantiere. E’ inoltre indicata per le lavorazioni durante la stagione invernale, con temperature fino a **-5° C** e quando fa molto caldo senza dover necessariamente bagnare i blocchi.

Il successo di questo sistema in laterizio è decretato dalla combinazione della tecnologia della rettifica a quella, oggetto di un approfondito lavoro di ricerca e sviluppo da parte di Wienerberger, dei setti sottili. Grazie alla rettifica è possibile realizzare giunti di malta di appena 1 mm, andando ad eliminare completamente il ponte termico della malta e incrementando le performance energetiche. Parallelamente, i setti sottili permettono di aumentare le file dei fori e la percentuale di foratura, migliorando quindi le prestazioni energetiche rispetto ad un normale laterizio.
La famiglia PLAN, oltre a garantire vantaggi per la progettazione e per chi abiterà gli edifici, è una soluzione che fornisce benefici anche a chi le realizza.

Consumo di malta

I giunti sottili (solo 1 mm di spessore) e l'assenza dei giunti verticali (sostituiti dagli incastri) consentono un considerevole risparmio di malta; il consumo si riduce del 90% circa, non ci sono sfridi e il cantiere risulta più pulito e sicuro. Inoltre, non dovendosi più preparare malta con sistemi tradizionali, c'è un minore impegno di gru e betoniera e un più basso consumo di acqua ed energia elettrica.

Tempi di posa

I metodi di applicazione della **Malta Speciale Porotherm** (a rullo o per immersione), la perfetta planarità dei blocchi, il giunto verticale a incastro e l'assenza dell'operazione di bagnatura rendono la posa estremamente semplice e rapida. La riduzione dei tempi di posa è veramente straordinaria: fino a 0,50 m³/ora di muratura per persona, oltre il 40% in meno rispetto alle normali murature eseguite con blocchi e malta tradizionali.

Isolamento termico

Oltre all'elevato isolamento termico assicurato dal laterizio microporizzato, si ha un ulteriore incremento della resistenza termica della parete grazie all'incidenza praticamente nulla dei ponti termici (giunti orizzontali di 1 mm di spessore e assenza di giunti verticali nel caso di tamponamenti). Lo scarso impiego di malta riduce al minimo la presenza di umidità, garantendo una conducibilità termica della muratura **Porotherm PLAN** sino al 50% inferiore rispetto ad una realizzata con blocchi modulari tradizionali e sino al 30% inferiore rispetto ad una parete realizzata con elementi simili ma con normali giunti di malta.

Per l'analisi sono stati utilizzati rispettivamente: Porotherm Modulare 30-25/19 (60), Porotherm 30-25/19 T e Porotherm BIO PLAN 30-25/19,9 T - 0,12
* Risultati riferiti al confronto tra Porotherm Modulare 30-25/19 (60) e Porotherm BIO PLAN 30-25/19,9 T - 0,12

Porotherm BIO PLAN

Porotherm BIO PLAN: non solo vantaggi per la progettazione e per chi abiterà le case, ma anche per chi le realizza. I tempi di posa, infatti, si riducono notevolmente grazie al perfetto incastro dei blocchi e all'impiego della **Malta Speciale Porotherm** che è facilmente mescolabile con acqua all'interno di un normale secchio. Questo innovativo sistema permette di evitare l'uso di silos o betoniere consentendo di risparmiare sul consumo di acqua ed energia elettrica in cantiere. Inoltre, grazie ai giunti orizzontali di solo 1 mm, il consumo di malta si riduce del 90%, non ci sono sfridi e il cantiere risulta più pulito.

Componenti del sistema costruttivo: blocchi Porotherm PLAN, Malta Speciale Porotherm, trapano con miscelatore, rullo stendimalta, secchio e bacinella.

Realizzazione del massetto di livellamento (2 cm c.a.) perfettamente a bolla per la posa in opera del primo corso di blocchi.

Realizzazione del primo corso di blocchi con l'ausilio della livella e di un martello di gomma per controllare l'orizzontalità dei corsi.

Miscelazione della Malta Speciale Porotherm (fornita in sacchi da 25 kg) con 9 -11 litri d'acqua per sacco.

Realizzazione del giunto di malta sottile con l'apposito rullo stendimalta.

Posa in opera dei blocchi per immersione, intingendo i blocchi all'interno di una bacinella.

Posa in opera dei blocchi con l'aiuto del filo per mantenere l'allineamento verticale della muratura.

Taglio dei blocchi e realizzazione di pezzi speciali direttamente in cantiere con sega a disco o sega a nastro.

Posa in opera con il sistema adesivo Porotherm DRYFIX Extra per la realizzazione di SOLE tamponature.

Porotherm PLANA+: è la soluzione rettificata con lana di roccia a elevate prestazioni, che unisce le qualità del laterizio alle proprietà uniche della lana di roccia, assicurando valori eccellenti di isolamento termico per un risparmio energetico che dura tutto l'anno. Rappresenta la soluzione più efficace, economica, affidabile e duratura per realizzare edifici a basso consumo energetico. Il sistema, infatti, è in grado di garantire murature ad elevato isolamento termico e di grande inerzia termica senza che si renda necessaria l'aggiunta di ulteriori strati di isolamento termico sulle facciate.

Realizzazione del massetto di livellamento (2 cm c.a.) perfettamente a bolla per la posa in opera del primo corso di blocchi.

Realizzazione del primo corso di blocchi una volta che il massetto di malta ha fatto presa.

Componenti del sistema costruttivo: blocchi Porotherm PLANA+, Malta Speciale Porotherm, trapano con miscelatore, rullo stendimalta, secchio e bacinella

Miscelazione della Malta Speciale Porotherm (fornita in sacchi da 25 kg) con 9 -11 litri d'acqua per sacco.

Riempimento del rullo stendimalta con la Malta Speciale Porotherm.

Realizzazione del giunto sottile con rullo stendimalta (in alternativa si possono intingere i blocchi direttamente nella malta).

Posa in opera dei blocchi con l'aiuto delle apposite maniglie.

Ancoraggi in acciaio zincato adatti ad ancorare tramezzature interne ed eventuali rivestimenti esterni (per esempio mattoni faccia a vista).

Taglio dei blocchi e realizzazione di pezzi speciali direttamente in cantiere.

Rapidità, precisione e risparmio

Rapidità esecutiva

Il giunto verticale ad incastro e l'impiego della malta speciale a giunto sottile rendono la posa semplice e rapida con una sensibile riduzione dei tempi.
La precisione della rettifica garantisce un'applicazione di malta precisa e senza sprechi.

Risparmio

Grazie alla velocità di posa e al giunto verticale ad incastro, che consente un minor consumo di malta, si ottiene una notevole riduzione dei costi di costruzione.
Il consumo di malta si riduce fino al 90%; inoltre la Malta Speciale Porotherm BIO PLAN viene fornita assieme ai blocchi.

Precisione

La rettifica effettuata sul blocco cotto, diversamente a quella realizzata sul blocco "crudo", garantisce un parallelismo perfetto e una precisione dimensionale con errori inferiori a 0,5 mm.
Solo i blocchi rettificati Wienerberger assicurano una precisione di posa ottimale e il rispetto dimensionale delle vostre murature.

Meno consumo di energia

La limitata quantità di malta da utilizzare riduce notevolmente il consumo di acqua necessario per murature tradizionali, nonché il consumo elettrico per la betoniera.
Si risparmia energia in cantiere e si risparmia energia in fase di climatizzazione grazie all'ottimo isolamento termico.

Comfort estivo

Con masse superficiali che superano i 300 kg/m^2 le soluzioni Pth PLAN, la cui porizzazione è ottenuta da farine di legno vergini, favoriscono il massimo comfort ed un'elevata resistenza ai picchi di calore estivo, grazie alla loro inerzia termica.

Semplicità di posa

L'ottimale rapporto peso - dimensioni e la posizione ergonomica dei fori di presa favoriscono una posa in opera semplice e precisa. L'incastro sul giunto verticale e la planarità dei blocchi garantiscono poi una facilità di montaggio senza pari, limitando la possibilità di errori e garantendo una corrispondenza precisa tra i valori dichiarati e quelli effettivamente ottenuti in cantiere.

Assistenza tecnica

Wienerberger e il suo ufficio tecnico, offrono un livello di assistenza a 360°, dalla progettazione all'esecuzione in cantiere, mettendo a disposizione il proprio staff di ingegneri per consulenze nella scelta di soluzioni su misura per ogni progetto.

Isolamento termico

Grazie alle numerose microcavità presenti nel laterizio ed alla elevata massa frontale si assicura un ottimo isolamento ed inerzia termica.
L'eliminazione del classico giunto di malta garantisce poi prestazioni termiche notevolmente superiori rispetto ad una muratura tradizionale di pari spessore.

Intonaco: consigli per una corretta posa in opera

Cos'è un intonaco e perché deve essere realizzato?

L'intonaco è un rivestimento murale costituito da un sistema di strati di malte, atto ad assolvere, ad indurimento avvenuto, funzioni di protezione e di finitura superficiale (definizione riportata nella norma **UNI 10924**).
L'intonacatura esterna di murature in laterizio porizzato (monostrato, pluristrato, rettificato ed a posa tradizionale), richiede la scelta di prodotti compatibili ed una posa in opera a regola d'arte. Il ciclo di intonacatura tradizionale è diviso in tre fasi: **rinzaffo**, **arriccio** (intonaco di fondo) e **stabilitura** (finitura).

Le caratteristiche principali di un intonaco realizzato a regola d'arte su laterizio sono:

- **Stabilità nel tempo**: l'intonaco deve proteggere per lungo tempo le murature, evitando la formazione di cavillature che, oltre ad essere un problema estetico, se consistenti possono causare infiltrazioni d'acqua;
- **Permeabilità al vapore acqueo**: soprattutto nel caso di murature monostrato in laterizio porizzato (rettificato o non) è necessiario preservare la naturale permeabilità del laterizio evitando l'inserimento di strati poco permeabili;
- **Impermeabilità all'acqua**: lo stato superficiale (finitura) deve essere impermeabilie, infatti la penetrazione di acqua allo stato liquido può causare degrado degli intonaci con conseguente formazione di cavillature e rischio di infiltrazioni.

Fasi dell'intonacatura a regola d'arte

Fase 1: Rinzaffo

Il rinzaffo è lo strato di **interfaccia** tra il laterizio e l'intonaco di fondo vero e proprio. Ha la funzione di rendere la superficie di posa ruvida ed omogenea, inoltre ha la possibilità di assorbire deformazioni ed evitare fessurazioni sull'intonaco. Questa prima fase è la base di partenza per un intonaco a regola d'arte, **fondamentale** per qualunque tipo di intonacatura su qualunque superficie.

Prodotti: prodotti per rinzaffo premiscelati a base calce idraulica (meglio se naturale NHL 3.5) o lo stesso intonaco di fondo miscelato con una quantità d'acqua leggermente superiore a quella prevista, applicato con uno spessore mediamente di 5-6 mm, a seconda della regolarità della superficie.

Tempo tra fase 1 e fase 2 – 2 giorni

Fase 2: Arriccio (Intonaco di fondo)

Si tratta del **corpo dell'intonaco**. Ha la funzione di proteggere la muratura dagli agenti atmosferici per garantire la durabilità di materiali da non lasciare esposti. Nello strato superficiale dell'intonaco si deve procedere con l'incollaggio di un rete portaintonaco in corrispondenza di pilastri, travi e cordoli (sia all'interno che all'esterno) avendo l'accortezza di farla fuoriuscire dall'elemento strutturale di almeno 40 cm. Applicare la rete anche in corrispondenza degli spigoli delle aperture posizionando un quadrato a 45°.

© Foto: Wolfgang Thaler

Prodotti: intonaci di fondo premiscelati a base calce idraulica (meglio se naturale NHL 3.5), fibrorinforzati, di spessore minimo 1.5 cm, da applicare in più mani se previsto di spessori superiori (per esempio intonaci termoisolanti)

Tempo tra fase 2 e fase 3 – 28 giorni

Fase 3: Stabilitura (Finitura)

Lo strato di finitura, detto anche stabilitura, è lo strato finale le cui funzioni principali sono la **protezione** dell'intonaco dagli eventi atmosferici e rendere lo stesso esteticamente gradevole. Deve quindi essere **impermeabile all'acqua**, garantendo al tempo stesso un buon livello di **permeabilità al vapore acqueo**.

Caso 1: Superficie esterna 100% laterizio. Pilastri, travi e cordoli rivestiti con materiale isolante + elemento superficiale in laterizio come tramezze porizzate, tavelle ecc…

1) Rasante premiscelato a secco, base calce (meglio se naturale NHL 3.5)
2) Pittura ai silicati o silossanica da applicare con relativo primer (se previsto) o intonachino ai silicati o silossanico colorato in pasta, granulometria > 0.7 mm, applicato previa preparazione del fondo con relativo primer

Caso 2: Superficie esterna con rivestimenti di pilastri, travi e cordoli in materiali diversi dal laterizio come XPS goffrato intonacabile, lana di legno mineralizzata ecc…

1) Rasante premiscelato a secco, base calce (meglio se naturale NHL 3.5) applicato in due mani con rete portaintonaco interposta
2) Intonachino ai silicati o silossanico colorato in pasta, granulometria > 0.7 mm, applicato previa preparazione del fondo con relativo primer

Prodotti: rasanti premiscelati a secco base calce (meglio se naturale NHL 3.5), pitture o intonachini ai silicati o silossanici.

Caso n.1

Caso n.2

Lavorazione	Supporto	Prodotto	Tempo
Rinzaffo	Laterizio, XPS goffrato, fibra di legno mineralizzata, ecc...	Rinzaffo premiscelato base calce, spessore 5-6 mm	Ultimata la muratura, meglio se cedimenti stabilizzati
Arriccio (Intonaco di fondo)	Laterizio, XPS goffrato, fibra di legno mineralizzata, ecc...	Intonaco premiscelato base calce, spessore 15 mm minimo.	48 ore tra rinzaffo e stesura dell'intonaco di fondo
Stabilitura (Finitura)	Laterizio di qualunque tipo (rettificato, porizzato, tradizionale)	1) Rasante premiscelato 2) Pittura ai silicati o silossanica o intonachino ai silicati o silossanico colorato in pasta	28 giorni tra stesura dell'intonaco di fondo e stesura della finitura
	XPS goffrato, fibra di legno mineralizzata, ecc...	1) Rasante premiscelato 2) Intonachino ai silicati o silossanico colorato in pasta	

Dossier realizzazioni Wienerberger

Casi studio

Edifici ad uso residenziale
Teatro 1, Udine
Ville Urbane, Milano
Via XXIV Maggio, Pesaro
Edificio e^4 Brickhouse 2020, Austria

Edifici ad uso non residenziale
Edificio 2226
Kerakoll GreenLab
Casa vinicola F.lli Durando

Riqualificazione energetica
Podere del Tiglio

Edifici ad alte prestazioni energetiche che lasciano il segno

© Foto: Daniele Domenicali

Le scelte progettuali del complesso residenziale "Teatro 1" di Udine, operate dallo studio Archest srl, si fondano sui principi di eco-sostenibilità e salvaguardia dell'ambiente attraverso il massimo sfruttamento di energie rinnovabili e la scelta di materiali dalle certificazioni chiare e precise.

L'obiettivo del risparmio energetico è stato perseguito adottando tecnologie costruttive ed impiantistiche altamente efficienti, che ne hanno permesso la classificazione in Classe A+. L'edificio si sviluppa su 7 piani fuori terra: sei a destinazione residenziale (per un totale di 32 appartamenti) ed il piano terra destinato ad attività commerciali, mentre i due livelli interrati posti sotto la sagoma dell'edificio e del giardino condominiale hanno funzione di autorimessa/deposito.

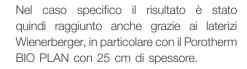
La forma architettonica dell'edificio è caratterizzata da una volumetria compatta per i primi tre livelli, uno slittamento del quarto piano, per concludere con un andamento variegato dei piani alti dove sono ubicati gli appartamenti di maggiore pregio con le terrazze e i giardini. Il progetto punta su un'articolazione equilibrata dei volumi, con un gioco di alternanze fra rigorose geometrie superficiali e variazioni inaspettate nelle profondità di facciata e nell'orientamento di esposizione delle pareti. La progettazione dell'edificio, per soddisfare i requisiti della classe CasaClima A+, ha tenuto conto di approfonditi studi sugli aspetti climatici, l'irraggiamento solare, l'esposizione alla luce naturale, puntando su una forte integrazione degli aspetti tecnologici, ambientali e impiantistici, e coniugando i principi della sostenibilità, del risparmio energetico e della funzionalità interna.

A partire dagli obiettivi prestazionali di contenimento dei fabbisogni di energia e di acqua potabile prefissati per l'edificio e l'utilizzo di materiali il più possibile bio ed eco-compatibili, il progetto è stato sviluppato scegliendo tecnologie costruttive ed impiantistiche altamente efficienti e rispettose dell'ambiente. Per la realizzazione dell'involucro esterno sono state scelte soluzioni costruttive altamente performanti sia dal punto di vista strutturale che di isolamento termico ed acustico e salubrità. Nel dettaglio, per i tamponamenti delle pareti esterne sono stati infatti selezionati i blocchi porizzati **Porotherm BIO PLAN 25** di Wienerberger, nell'ottica di privilegiare il più possibile una tecnologia di posa che garantisse alti livelli prestazionali.

I sistemi rettificati Porotherm BIO PLAN sono soluzioni in laterizio, prodotti con impasti di argille e porizzati con farine di legno vergini. Il pacchetto completo utilizzato per le pareti esterne è costituito dall'interno da una controparete di cartongesso isolata, il blocco porizzato BIO PLAN rasato sul lato interno, un isolamento esterno da 16 cm in lana minerale e il rivestimento. Questa stratigrafia, ha consentito, unitamente agli altri accorgimenti progettuali e impiantistici, di ottenere un fabbisogno medio energetico per gli appartamenti pari a soli 27 kWh/m^2 anno, classificando quindi le abitazioni come "case da 3 litri".

Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 25

Vista l'esigenza progettuale di realizzare un involucro dall'elevata efficienza energetica, la ricerca è ricaduta sull'utilizzo di laterizi altamente prestazionali, che permettessero di garantire il raggiungimento della certificazione CasaClima A+.

Nel caso specifico il risultato è stato quindi raggiunto anche grazie ai laterizi Wienerberger, in particolare con il Porotherm BIO PLAN con 25 cm di spessore.

Il successo di questo sistema in laterizio è dettato dalla tecnologia della rettifica, che permette di realizzare giunti di malta di appena 1 mm di spessore, andando ad eliminare completamente il ponte termico della malta e incrementando le performance energetiche.

La facilità di posa consente inoltre di realizzare superfici murarie omogenee e planari, garantendo quindi il supporto ideale per sistemi a cappotto, che possono essere facilmente tassellati alle robuste cartelle interne del blocco Porotherm BIO PLAN.

© Foto: Archest s.r.l.

© Foto: Archest s.r.l.

© Foto: Luca Casonato (archivio 'Rizzani de Eccher')

INFO

UBICAZIONE: Udine
PROGETTISTA: ARCHEST srl – Arch. G. De Napoli e Arch. A. Coccolo
COMMITTENTE: Rizzani De Eccher spa
DIMENSIONI: 3.570 mq Superficie Utile, 2.748 mq Superficie lotto complessiva, 7 piani fuori terra + 2 piani interrati
IMPRESA REALIZZATRICE: Rizzani de Eccher S.p.A.
PROGETTAZIONE STRUTTURALE: Studio Suraci
SOLUZIONE WIENERBERGER: Porotherm BIO PLAN 25

Il progetto Porta Nuova Garibaldi a Milano: ville urbane certificate LEED®

© Foto: Hines italia s.r.l.

Il comparto Porta Nuova si inserisce in un progetto di riqualificazione urbana ed architettonica di ampie zone dei quartieri Isola, Varesine e Garibaldi di Milano. L'edificazione del complesso è iniziata nel 2009. La nuova area si estende da Porta Garibaldi FS a piazza della Repubblica e da Porta Nuova al Palazzo Lombardia, passando per via Melchiorre Gioia.

L'intera area, costituita dai tre lotti, Varesine, Garibaldi e Isola, è sottoposta alla certificazione LEED®: con questa prestigiosa certificazione si vuole sottolineare la volontà di realizzare un edificio energeticamente più efficiente e con il minor impatto possibile sull'ambiente, non solo in fase di esercizio ma anche in fase di costruzione e demolizione, attraverso la gestione strutturata ed organizzata di tutti gli aspetti progettuali e costruttivi.
L'impostazione LEED® punta infatti ad un approccio integrato alla progettazione, che ponga la massima attenzione all'impatto ambientale del costruito.
La certificazione LEED®, nata negli USA e riconosciuta a livello internazionale, sostanzialmente premia un edificio rispettoso dell'ambiente e che costituisce un luogo salubre in cui vivere e lavorare.
Porta Nuova rappresenta un modo di vivere lo spazio urbano in sintonia con uno stile di vita internazionale ma con un forte legame con la tradizione e l'identità milanese, integrandone i quartieri storici.

"In questi ultimi 5 anni - sostiene il Dott. Mario Pinoli, A.D. di Greenwich Italia, tra le prime società italiane a dedicarsi ad attività di consulenza per la certificazione LEED® - sono in via di certificazione decine e decine di progetti LEED® in tutto il nostro Paese, indizio di un *mainstream* mondiale che si sta espandendo in tutto il mondo e anche nel nostro territorio. Al centro del progetto e della costruzione, una sostenibilità pervasiva ed olistica applicata a tutto l'edificio. Non solo prestazioni energetiche ottimali, ma anche sostenibilità dei materiali, qualità dell'ambiente interno, risparmi idrici, attenzione alla gestione ambientale dei siti di costruzione. Il Progetto Varesine fa parte di un *compound* di edifici che perseguono la certificazione LEED® per tutta Porta Nuova". L'utilizzo dei materiali diventa di fondamentale importanza per creare il legame architettonico che unisce tradizione e innovazione, per questo motivo la scelta è stata Wienerberger.

Le soluzioni in laterizio firmate Wienerberger sono state scelte in particolare per la riqualificazione del quartiere Varesine. Gli edifici residenziali sono stati edificati tra le Torri Residenziali e il "Diamantone" all'interno di Porta Nuova Varesine.

Il laterizio destinato alla realizzazione dell'edificio, tipico di una modalità costruttiva cosiddetta "massiva", contribuisce significativamente al contenimento dei consumi energetici per la climatizzazione invernale e per quella estiva, grazie all'effetto dell'inerzia termica. L'elevata massa del laterizio assicura, infatti, il giusto sfasamento e l'attenuazione del flusso di calore, garantendo un eccezionale comfort abitativo. Le soluzioni in laterizio offerte da Wienerberger Italia contribuiscono al raggiungimento della Certificazione LEED®. I dettagli **a pagina 22**.

Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN da 25, 12 e 8

Sia per l'involcro che per le partizioni interne, per garantire la massima qualità, sono state scelte le soluzioni rettificate della famiglia Porotherm BIO PLAN: spessore 25 cm per l'involucro, spessori 8 e 12 cm per le partizioni interne. Molteplici sono le motivazioni che hanno spinto i progettisti ad optare per queste soluzioni. Innanzitutto le caratteristiche prestazionali: i blocchi rettificati, realizzati con giunti di malta di appena 1 mm e porizzati con farine di legno vergini, garantiscono la massima corrispondenza tra certificati e realtà di cantiere, grazie alla semplice posa in opera. Semplicità di posa che si traduce in un altro grande vantaggio per un cantiere certificato LEED®, in cui anche l'ottimizzazione dei processi di cantiere vanno attentamente valutati: con i blocchi BIO PLAN la posa è rapida, precisa e pulita, permettendo di organizzare in maniera semplice la logistica di cantiere.

Infine, soprattutto per l'involucro, la scelta è ricaduta sul Porotherm BIO PLAN 25 per le sue elevate resistenze meccaniche, anche a taglio, che offrono un adeguato supporto alla struttura in acciaio della facciata ventilata, *leitmotiv* nel progetto delle Ville Urbane.

© Foto: Wienerberger

© Foto: Hines italia s.r.l.

INFO

UBICAZIONE: Milano Porta Nuova Garibaldi, Milano
ARCHITETTO: Cesar Pelli, Stefano Boeri e Nicholas Grimshaw
COMMITTENTE: Varesine S.r.l. (HINES)
STRUTTURE: ARUP Italia
SUPERFICIE LOTTO: 3.350 mq
SUPERFICIE COSTRUITA : 13.000 mq
SOLUZIONE WIENERBERGER:
Porotherm BIO PLAN 25-33/19,9
Porotherm BIO PLAN 12-50/19,9
Porotherm BIO PLAN 8-50/19,9

Comfort energetico ed acustico in un'unica semplice posa

© Foto: Wienerberger

L'edificio progettato e realizzato da EdiT Costruzioni, con destinazione mista uffici, appartamenti e negozi si trova a Pesaro, in prossimità del centro storico. L'approccio progettuale nella scelta dei materiali per l'involucro si è mossa su tre priorità: certificare le abitazioni con un elevato standard energetico e realizzare, nell'involucro, una parete priva di freni o barriere al vapore. Altro elemento di prioritaria importanza è stato quello di assicurare ai fruitori dell'immobile, data la prossimità del lotto alla ferrovia, un adeguato comfort acustico.

La scelta, che si è quindi mossa verso soluzioni monostrato, è ricaduta sul laterizio e, in particolare, sul **Porotherm BIO PLAN 42,5 T - 0,09** in grado di garantire il soddisfacimento di tutti i requisiti richiesti in fase progettuale.Per primo, come anticipato, la certificazione energetica, con l'obiettivo di realizzare un edificio almeno in classe B. Da questo punto di vista il blocco rettificato BIO PLAN, con una trasmittanza pari a **U= 0,20 W/m²K** su una parete semplicemente intonacata, ha garantito il raggiungimento delle prestazioni richieste, a fronte di certificazioni chiare e modalità di posa semplici e precise che garantissero una realizzazione a regola d'arte. Inoltre, valore aggiunto non indifferente nel clima marchigiano, in cui risparmiare energia significa non solo limitare le dispersioni di calore in regime invernale ma anche e soprattutto protezione dai picchi di calore estivi: il blocco Porotherm BIO PLAN ha permesso di aumentare sensibilmente l'inerzia termica delle murature. Con 42,5 cm di spessore ed una **massa superficiale di 320 kg/m²**, la muratura lavora come accumulatore termico, garantendo un ritardo dello sfasamento superiore alle 24 ore.

La massa inoltre, assolve alla seconda richiesta emersa in fase progettuale, ovvero garantire adeguato comfort acustico. Il Porotherm BIO PLAN 42,5 T - 0,09 raggiunge un potere fonoisolante **R_w= 51 dB**, andando quindi a superare con ampio margine i 40 dB richiesti dalla normativa per l'isolamento acustico di facciata. Terzo punto, legato al comfort e al benessere indoor, è quello di avere un apporto bilanciato di umidità all'interno delle unità abitative, eliminando gli accumuli e i sovraccarichi che, oltre al discomfort percepito dagli utenti, potrebbe portare a fenomeni di condensa interna ed interstiziali. Anche da questo punto di vista i laterizi della gamma Porotherm BIO PLAN, porizzati con farine di legno vergini, si dimostrano la soluzione ottimale. Con un coefficiente di permeabilità al vapore **μ= 5/10** (valori relativi rispettivamente al vapore secco e umido) abbinati ad intonaci a base calce, i laterizi assicurano un'elevata traspirabilità. La stratigrafia monostrato, inoltre, avendo un andamento omogeno della curva delle pressioni, scongiura il rischio di condense interstiziali, che potrebbero invece verificarsi nel caso di stratigrafie composite, in cui spesso è necessaria una barriera o un freno a vapore per separare materiali con permeabilità al vapore molto diverse tra loro.

Ultimo elemento che ha fatto ricadere la scelta sul Porotherm BIO PLAN 42,5 T è stato il percorso di certificazione **ITACA** cui è stato sottoposto questo progetto. Vedi dettagli sulla certificazione **ITACA** a pag 23.

Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 42,5 T

La scelta da parte di EdilT per quanto riguarda l'involucro esterno è ricaduta sulla gamma BIO PLAN. Allo scopo di raggiungere livelli di trasmittanza eccellenti è stato utilizzato il blocco da tamponamento da 42,5 cm di spessore, che grazie alle elevate performance energetiche garantisce una **trasmittanza U pari a 0,20 W/m²K**.

Il **Porotherm BIO PLAN 42,5 T – 0,09** si colloca all'interno della famiglia Porotherm PLAN, l'unica gamma completa di laterizi rettificati ad elevate prestazioni. L'obiettivo principale del progetto è stato quello di garantire elevato risparmio energetico e comfort abitativo tutto l'anno, senza l'utilizzo di cappotti e quindi strati aggiuntivi di isolante.

La chiave per ottenere prestazioni così elevate è racchiusa in due importanti tecnologie: **la rettifica ed i setti sottili**. Con la rettifica, la faccia superiore ed inferiore dei blocchi vengono livellate con precisione millimetrica, consentendo di realizzare giunti di malta di appena 1 mm. I setti sottili, inoltre, con cartelle interne dell'ordine di pochi millimetri, permettono di migliorare nettamente la condicibilità del blocco.
Con queste due innovazioni, abbinate agli incastri verticali, si ottimizzano notevolmente le prestazioni della parete, garantendo nel contempo una posa in opera facile e precisa.
Diventa così possibile avvicinarsi al nuovo standard progettuale degli Edifici ad Energia quasi Zero (nZEB) con soluzioni in laterizio, traspiranti e durature.

© Foto: EdiTCostruzioni

© Foto: EdiTCostruzioni

INFO

UBICAZIONE: Pesaro (PU)
IMPRESA: EdilT Costruzioni
PROGETTISTA: Ing. Lorenzo bastianoni
SOLUZIONE WIENERBERGER:
Porotherm BIO PLAN 42,5-24/19,9 T - 0,09

Il progetto e[4] Brickhouse 2020: Edifici ad Energia quasi Zero (nZEB)

© Foto: Wienerberger

Il progetto è stato realizzato in poco più di un anno. I lavori hanno avuto inizio nel luglio 2011 grazie all'appoggio di un illuminato investitore privato, Schiller Bau, responsabile della progettazione e della costruzione.

L'edificio vuole rispettare i parametri energetici definiti dall'Unione Europea dalla **Direttiva 2010/31/EU**, che definisce chiari obiettivi da realizzarsi entro il 2020: incremento del 20% dell'efficienza energetica, aumento del 20% dell'utilizzo delle fonti rinnovabili e riduzione del 20% delle emissioni CO_2. Ma la volontà di Wienerberger, promotrice del concetto e[4], è stata quella di superare ulteriormente questi ambiziosi obiettivi: con l'edificio e[4] Brickhouse 2020 si è ottenuto un edificio **completamente autosufficiente** dal punto di vista energetico.

Grazie ad un'attenta progettazione, è stato possibile realizzare un involucro altamente efficiente, che rispetta l'ambiente offrendo al contempo elevati standard di benessere interno. Tutto ciò in poco più di un anno. La progettazione si basa sul concetto di "**Casa solare**", in cui una serbatoio di acqua di grandi dimensioni, all'interno dell'immobile, riscaldato dai collettori solari sul tetto, assolve completamente alle richieste di calore durante il periodo invernale. Una piccola caldaia a pellets viene saltuariamente attivata in caso di maggior fabbisogno. Dalle analisi fatte sul modello risulta che il fabbisogno totale dell'edificio è pari a -3.57 kWh/m^2/a, raggiungendo così l'obiettivo di **edificio a energia zero**.

Il progetto *Brickhouse e[4]* rappresenta quindi una soluzione completa in laterizio che garantisce elevatissimi standard energetici pur mantenendo i costi di costruzione allineati alla media austriaca. La parete è composta da laterizi rettificati riempiti con lana di roccia (**Porotherm PLANA+**), dallo spessore di 49 cm e un valore U pari a **0,13 W/m²K**, per fornire un elevato livello di comfort interno e garantire elevati standard qualitativi.

Le richieste della normativa europea, recepite in Italia dalla legge 90, sono quelle di ridurre drasticamente le emissioni di CO_2, partendo dal presupposto che circa il 40% delle emissioni clima alteranti arrivano dal comparto residenziale. La casa del futuro deve quindi diventare qualcosa di più di un semplice luogo in cui vivere: dev'essere un organismo in grado di produrre energia, meglio se da fonti rinnovabili, per essere autonomo e non sovraccaricare la rete. Meglio ancora se riesce ad essere "attivo", e quindi cedere alla rete nazionale il surplus di energia prodotto. Con il progetto *e[4] Brickhouse*, Wienerberger proietta il mondo delle costruzioni di oggi verso un futuro sempre più sostenibile.

La sfida è quella di realizzare un modello abitativo con bilancio energetico neutrale sui 12 mesi, il tutto con costi di costruzioni allineati a quelli dell'edilizia tradizionale. Come fare? Con le soluzioni rettificate Porotherm PLAN è possibile realizzare involucri altamente prestazionali con un'unica posa, andando quindi a sostituire complicate e costose stratigrafie composite con un'unica parete in laterizio, semplicemente intonacata.

Materiale utilizzato: Porotherm PLANA+ 49 - 0,07

Il Porotherm PLANA+ nasce con l'intento di creare una soluzione completa che riesca a garantire, da un lato durabilità e traspirabilità del laterizio e, dall'altro, le prestazioni termiche di un pannello isolante.

Racchiudendo i pannelli di lana di roccia ad alta densità nei fori del laterizio porizzato rettificato, si ottiene un sistema con prestazioni da Edificio ad Energia quasi Zero, con il valore aggiunto della scarsa necessità di manutenzione tipica delle pareti in laterizio. Dal punto di vista tecnologico, la prestazione è assicurata dal sistema rettificato, che consente di realizzare giunti di malta di appena 1 mm assicurando, da un lato, una posa a regola d'arte e dall'altro, una riduzione del 90% dei consumi di malta, andando quindi a realizzare una parete omogenea priva di ponti termici.

Ulteriore punto a favore del Porotherm PLANA+ è l'elevata massa superficiale che, nel caso del formato usato per il progetto *e4 Brickhouse 2020*, arriva a sfiorare i 300 kg/m^2. Entrano così in gioco due meccanismi, la bassa trasmittanza termica che minimizza le dispersioni di calore in inverno e la massa superficiale che, al contrario, garantisce un'inerzia termica in grado di mantenere temperature interne gradevoli anche durante i picchi di calore estivo. Il Porotherm PLANA+, già nello spessore da 30 cm, garantisce un valore di **trasmittanza termica U=0,25 W/m²K**. Se confrontiamo tra loro le varie soluzioni murarie, per ottenere lo stesso valore con un blocco tradizionale da 30 cm, è necessario applicare alla parete un pannello isolante di almeno 10 cm, passando così a uno spessore totale di 40 cm.

© Foto: Wienerberger

© Foto: Wienerberger

INFO

UBICAZIONE: Zwetterl, Austria
IDEATORE DEL PROGETTO: Wienerberger AG
COMMITTENTE: Franz Schiller-Bau GesmbH
MONITORAGGIO CONTROLLO ENERGETICO: AIT Austrian Institute of Technology
SUPERFICIE: 964 mq
SOLUZIONE WIENERBERGER: Porotherm PLANA+ 49 - 0,07

Edificio 2226: comfort e risparmio energetico a impiantistica zero

© Foto: Norbert Prommer

"Fare le cose nel modo più semplice possibile", questo è stato il *leitmotiv* che ha guidato l'architetto Dietmar Eberle durante la progettazione di un nuovo edificio su cinque piani unico nel suo genere, realizzato a Lustenau, nella regione austriaca del Vorarlberg: **garantire una temperatura interna costante compresa tra i 22 ed i 26°C** (di qui il nome «2226») senza alcun apporto fornito da impianti di ventilazione meccanica, riscaldamento o raffrescamento. L'ambizioso progetto vuol essere una dichiarazione d'intenti contro l'abuso di tecnologie sempre più sofisticate nel comparto edilizio che, se da un lato nascono dal nobile intento di abbattere i consumi e realizzare edifici ambientamene sostenibili, rendono dall'altro lato alcuni organismi architettonici contemporanei delle "macchine" delicate e di difficile gestione.

Edificio 2226 rappresenta invece il manifesto del "*low-tech*", realizzato per dimostrare che si può realizzare un ambiente sano e confortevole senza alcun apporto impiantistico.

Elemento chiave per garantire il successo di quest'idea rivoluzionaria è ovviamente giocato dal **disegno dell'involucro di straordinaria architettura**, realizzato con un perfetto equilibrio tra strutture vetrate e opache che si ripetono sulle quattro facce di un monolitico parallelepipedo, in cui forma e dimensione degli infissi sono state attentamente progettate per assicurare il corretto apporto solare, 365 giorni all'anno.

Si è così riusciti a creare un edificio compatto, poco disperdente, in grado di offrire il giusto apporto solare nell'arco della giornata. La facciata è composta da una imponente **struttura monolitica,** costruita come una intercapedine in laterizio Wienerberger, con uno spessore totale di 76 cm, intonacato sia esternamente che internamente a grassello di calce. La stratigrafia prevede una doppia fodera di laterizi a incastro, a setti sottili, della linea **Porotherm, spessore 38 cm.**

L'elevata massa offerta dal laterizio consente quindi di bilanciare le differenze di temperatura tra l'ambiente interno ed esterno, mantenendo nel tempo questo equilibrio. Gli infissi che, per aumentare la superficie illuminante, sono a tutta altezza, sono realizzati con vetri tripli basso emissivi, con standard da **casa passiva**. Ma le similitudini con le case passive finiscono qui. Al contrario della complessità tecnologica dello standard passivo, infatti, questo edificio propone un sistema semplicissimo per mantenere le temperature interne nel range prefissato: un software registra temperatura interna, umidità relativa e CO_2, **mantenendo il comfort ottimale** con la semplice gestione degli infissi, la cui apertura e chiusura viene gestita in maniera centralizzata. Ed il riscaldamento? Sono sufficienti gli apporti gratuiti: il calore umano (ogni persona produce 80 watt), i pc, le fotocopiatrici e addirittura le macchine del caffè.

Quindi in questo caso la tecnologia viene utilizzata solo per ottimizzare soluzioni passive, ovvero calibrando la ventilazione naturale, diurna in regime invernale, notturna durante l'estate. *"E questo è tutto quello che c'è in termini di dispositivi tecnologici"*, riassume l'architetto Eberle.

Materiale utilizzato: Porotherm 38 T

Le pareti realizzate con le soluzioni Porotherm, con spessori che vanno dagli 8 ai 44 cm, per garantire una gamma completa di soluzioni, non isolano solo dal freddo. L'elevata massa superficiale dei blocchi in laterizio, dell'ordine di 300 Kg/m^2 per una parete di spessore 38 cm, offre infatti un'eccellente protezione anche in fase estiva.

Gli edifici massivi agiscono d'estate come una "barriera" all'ingresso del calore, dall'esterno all'interno dell'edificio, garantendo, anche durante i picchi di surriscaldamento estivo, un maggiore benessere abitativo.

Questa capacità di accumulare calore e agire da volano termico sono il punto principale che ha decretato il successo del progetto 2226, permettendo di assorbire il calore degli apporti gratuiti interni e rilasciarli gradualmente, mantenendo al contempo all'esterno il freddo grazie alla bassa conducibilità.

La gamma Porotherm nasce con l'intento di unire tradizione e innovazione, ottimizzando e migliorando la posa in opera dei blocchi in laterizio grazie all'incastro verticale che, se da un lato permette una posa più precisa, dimezza dall'altro le quantità di malta necessarie per realizzare l'involucro.

Nel progetto 2226 è stata utilizzata una doppia fodera: quella interna, per realizzare la struttura portante (l'edificio, conformemente alla normativa autriaca, non ha telaio in C.A.), mentre a quella esterna è lasciato il compito di isolare dal freddo. Le due pelli in laterizio offrono una massa superficiale inedita per una costruzione contemporanea, mantenendo nel contempo un'elevata traspirabilità.

© Foto: Wienerberger

© Foto: Norbert Prommer

INFO

UBICAZIONE: Lustenau, Austria
ARCHITETTO: Baumschlager Eberle
COMMITTENTE: AD Vermietung, Lustenau, Austria
PROGETTO STRUTTURALE: Mader & Flats Ziviltechniker GmbH, Bregenz, Austria
SUPERFICIE: 4.037 mq
SOLUZIONE WIENERBERGER: Porotherm 38-25/19 T

Wienerberger per Kerakoll GreenLab: un esempio di bioedilizia

© Foto: Studiobios Associati

Kerakoll, azienda che propone prodotti a basso impatto ambientale e ad alto contenuto tecnologico, ha scelto le soluzioni Wienerberger per la realizzazione del Kerakoll GreenLab di Sassuolo (MO), che ospita i nuovi laboratori di ricerca e sviluppo.

L'azienda, da sempre sensibile ai **temi legati alla sostenibilità**, ha deciso di realizzare un progetto di elevato valore architettonico e caratterizzato da una forte innovazione. Questo compito è stato affidato allo StudioBiòs Associati di Firenze, specializzato in bioarchitettura, bioclimatica ed energie rinnovabili.

Il Kerakoll GreenLab raggruppa 9 laboratori per lo sviluppo di tecnologie ecocompatibili su una superficie di circa 6.500 mq su 4 piani, all'interno del quale lavoreranno, a regime, 100 nuovi ricercatori bioedili.

Interamente realizzato e costruito con materiali e tecnologie green-oriented, **rappresenta in Europa uno dei primi esempi di edifici industriali a basso impatto ambientale**, elevato benessere abitativo e alta efficienza energetica, nel 2011 è stato insignito infatti da Legambiente del Premio GreenLife Innovazione Amica dell'Ambiente.

Il concept architettonico ha tratto ispirazione dal carattere originario del territorio, in cui affiorano le salse di Nirano, caratteristiche formazioni collinari della zona. Rimanda inoltre alla memoria storica dei forni per la produzione della calce e delle ceramiche della tradizione locale tutt'ora presente.

La struttura architettonica, oltre a garantire **elevate prestazioni energetiche**, presenta sorprendenti giochi di luce al suo interno, assicurando una illuminazione del tutto naturale. Infatti, la struttura è costituita da un'ampia superficie sul fronte principale rivolta a sud per favorire la ricezione di luce solare e un'esigua superficie rastremata verso nord per limitare le dispersioni verso l'esterno.

L'illuminazione naturale degli ambienti, nonché la prevenzione dei fenomeni di abbagliamento, è assicurata anche dalla luce proveniente dal grande lucernario, dai condotti di luce posti in copertura, dalle finestre integrate all'interno con lamelle sagomate appositamente e orientate per il trasporto e il controllo della luce. Le vetrate delle finestre sono inoltre altamente performanti con doppio/triplo vetro basso emissivo.

Il sistema del verde, delle schermature in pannelli fotovoltaici vetrati e la presenza delle vasche d'acqua poste davanti al fronte principale, favoriscono il controllo microclimatico dell'edificio. La ventilazione naturale degli ambienti è facilitata dalla presenza di apposite aperture motorizzate, che consentono all'aria di attraversare l'atrio centrale e di fuoriuscire dal lucernario in copertura.

Il materiale scelto per la muratura ai fini di soddisfare queste esigenze di comfort e salubrità è il sistema in laterizio **Porothem BIO PLAN di Wienerberger**, soluzione rettificata porizzata con farine di legno vergini.

Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 35

Massima attenzione alla traspirabilità: da una parte grazie all'utilizzo di malte, intonaci, termointonaci e pitture a base di calce naturale, che assicurano le caratteristiche di traspirabilità, salubrità e benessere all'edificio; dall'altra, attraverso l'utilizzo, quale muratura di tamponamento, delle soluzioni in laterizio rettificate, Porotherm BIO PLAN di Wienerberger porizzate con farine di legno vergini, dello spessore di 35 cm. Il sistema unisce al vantaggio di **una elevata massa frontale**, in grado di conferire alle pareti **grande inerzia termica**, un **elevato isolamento termico** e una **grande traspirabilità**, grazie alla porosità del materiale.

La scelta dei materiali del Kerakoll GreenLab è stata effettuata tenendo conto dei diversi fattori che entrano in gioco nella valutazione della loro **compatibilità ambientale**, durante tutto l'arco del loro intero ciclo di vita. La compatibilità ambientale è stata considerata sia in termini di energia inglobata, ovvero di quantità di energia consumata per arrivare dall'estrazione della materia prima al prodotto finito, sia in termini di consumi energetici durante quella che nella metodologia LCA (*Life Cycle Assessment*) viene definita come fase d'uso. All'interno del progetto, sono stati preferiti materiali di origine certificata e provenienti da **materie prime non invasive sul territorio**, con la massima attenzione all'intero ciclo di vita.

© Foto: Studiobiòs Associati

© Foto: Studiobiòs Associati

INFO

UBICAZIONE: Kerakoll GreenLab, Modena
ARCHITETTO: Studiobiòs Associati
COMMITTENTE: Kerakoll S.p.a
SUPERFICIE LOTTO: 9.160 mq
SUPERFICIE COSTRUITA : 6.857 mq
SOLUZIONE WIENERBERGER: Porotherm BIO PLAN 35-25/19,9

Il laterizio Wienerberger: il perfetto legame tra tradizione e innovazione

© Foto: Arch. Sottero

Cascina San Pietro è un edificio rurale con destinazione sia residenziale che agricola, progettato dall'**Arch. Gianluca Sottero** di Asti su commissione dei **Fratelli Durando**, proprietari del terreno e dell'azienda vinicola che ha trovato collocazione in un'ala della nuova costruzione.

La costruzione sorge sulle colline di Portacomaro d'Asti, un paese del Basso Monferrato conosciuto per i suoi pregiati vini. E proprio dal forte legame con il territorio, il paesaggio, la tradizione agricola e vinicola di questa terra che si è sviluppato il progetto dell'Arch. Sottero per realizzare un edificio destinato ad accogliere la sala delle degustazioni dell'azienda vinicola Durando e un complesso residenziale, perfettamente inserito nel contesto paesaggistico della campagna astigiana.

Questo territorio, infatti, è sottoposto a stringenti vincoli paesaggistici che ne tutelano l'identità e la vocazione e da poche settimane l'area è entrata a far parte del patrimonio tutelato dall'UNESCO che ha iscritto il sito "I paesaggi vitivinicoli del Piemonte: Langhe-Roero e Monferrato" nella Lista del Patrimonio Mondiale, per l'eccezionale valore universale dei passaggi vitivinicoli piemontesi.

Il progetto di questo edificio prende le mosse da un approfondito studio preliminare sugli edifici dell'intorno in modo da assorbire, utilizzare e reinterpretare in chiave ecosostenibile e secondo i parametri della bio-edilizia, le caratteristiche architettoniche e le linee progettuali tipiche della zona, in modo da armonizzarsi con esse e con i caratteri tipologici del paesaggio collinare.

La progettazione è stata inoltre improntata a principi di minimizzazione dell'impiego di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impiegate nell'intervento. L'idea progettuale ha perseguito l'intento di realizzare un manufatto che risponda alle moderne esigenze dell'abitare senza compromettere l'unità e l'armonia del paesaggio, attraverso l'uso di tecnologie e materiali innovativi che sappiano reinterpretare il gusto estetico del passato.

Per la realizzazione dell'involucro l'Arch. Sottero ha scelto la tecnologia costruttiva della muratura portante con i laterizi Wienerberger. Nel dettaglio per questo progetto sono stati impiegati i blocchi portanti sismici **Porotherm BIO PLAN 45-25/19.9**, già apprezzati dal progettista in passato per le loro eccellenti prestazioni termiche ed acustiche e la loro composizione completamente naturale. "La tecnologia della muratura portante" spiega l'Arch. Sottero "offre numerosi vantaggi in fase realizzativa in quanto permette, con l'utilizzo di un unico materiale, di realizzare un involucro portante perfettamente isolato termicamente e acusticamente. In questa applicazione le soluzioni Wienerberger sono preziose alleate, perché grazie alle elevatissime prestazioni isolanti, alla loro eccellente traspirabilità e alla loro natura biocompatibile, permettono di realizzare in modo semplice edifici dall'elevato comfort abitativo, perfettamente sostenibili dal punto di vista ecologico, salubri e sicuri per i suoi occupanti. I mattoni porizzati con farina di legno non rilasciano nell'aria prodotti nocivi."

Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 45

Per la struttura di questo edificio massivo la scelta è ricaduta su un laterizio rettificato per muratura portante, il Porotherm BIO PLAN 45. Questo blocco ad incastro, con una percentuale di foratura inferiore al 45%, rappresenta il punto d'incontro ideale per un involucro dalle buone prestazioni termiche, che abbia al contempo anche elevate resistenze meccaniche.

Dal punto di vista termico, infatti, il Porotherm BIO PLAN 45, a fronte di una conducibilità di **0,14 W/mK**, consente di raggiungere una trasmittanza **U=0,29 W/m²K**, semplicemente intonacato. Straordinarie inoltre le prestazioni estive: con una massa superficiale pari a **409 kg/m²**, una parete realizzata con questo blocco è in grado di garantire uno sfasamento dell'onda termica superiore alle **24 ore**, per il massimo comfort e risparmio energetico estivo.

Dal punto di vista sismico, inoltre, questo blocco consente di realizzare strutture monolitiche portanti grazie ad una resistenza della muratura $\mathbf{f_k}$**= 7,2 N/mm²** (verificata sperimentalmente in laboratori esterni) a fronte di una resistenza caratteristica del blocco a compressione $\mathbf{f_{bk}}$**= 12 N/mm²**, valore più che doppio rispetto ai 5 N/mm² richiesti dalle NTC 08.

La facilità di posa del blocco rettificato ad incastro, abbinata alla **Malta Speciale Porotherm**, certificata **M10** e da stendersi sia orizzontalmente tra i corsi che verticalmente tra le tasche che si generano tra gli incastri, garantisce una muratura antisismica a regola d'arte.

© Foto: Arch. Sottero

© Foto: Arch. Sottero

INFO

UBICAZIONE: Portacomare (AT)

ARCHITETTO: Gianluca Sottero

SOLUZIONE WIENERBERGER:

Porotherm BIO PLAN 45-25/19,9

Le soluzioni Wienerberger per la riqualificazione energetica

© Foto: Arch. Brucoli

Il “Podere del tiglio” è ubicato nel Comune di Palazzuolo sul Senio (FI), in un’area a forte connotazione rurale nel cuore dell’appennino Tosco-Romagnolo. Tale territorio presenta grandi aree boschive, una conformazione del terreno aspra e un patrimonio di edifici rurali isolati raggiunti da impervie strade di montagna.

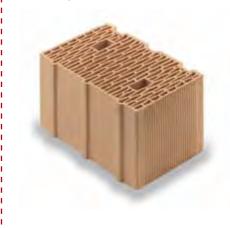
L’intervento di ristrutturazione del “Podere del tiglio” ha consentito il recupero di un edificio rurale ad uso abitativo/agricolo e la sua riconversione a residenza per le vacanze.

L’edificio si presentava come un corpo di fabbrica unico a due livelli, posto su un versante molto pendente della montagna esposto verso sud. Il piano terra, parzialmente interrato, era adibito a ricovero per gli animali. La struttura originale era realizzata con muratura portante in pietra arenaria, solai in struttura lignea, mentre il manto di copertura era realizzato con lastre di pietra.

Prima dell’intervento il Podere del tiglio giaceva in stato di abbandono da molti anni e aveva subito crolli e danneggiamenti. Il progetto curato dagli architetti **Nadia Angeli e Matteo Brucoli di Faenza (RA)** con la collaborazione dello **Studio DES**, fortemente orientato alla sostenibilità e alla autosufficienza energetica, ha conservato la volumetria, i materiali, la tipologia distributiva e la forma strutturale dell’edificio originale, apportando però tutte le modifiche necessarie all’ottenimento di risultati energetici, funzionali e di comfort ottimali.

I progettisti hanno scelto inoltre di riutilizzare per quanto possibile i materiali presenti in loco e laddove non sia stato possibile, si è proceduto a realizzare sia le parti strutturali che le finiture dell’edificio con soluzioni e materiali caratteristici dell’Appennino Tosco Romagnolo nonché provenienti da cave, produttori e artigiani del luogo, per mantenere la forte e caratteristica identità del luogo e l’armonia con la natura circostante. “Si è trattato di un cantiere dalla gestione complessa - dichiara l’arch. Brucoli - data l’asperità del luogo e le impervie vie di comunicazione che davano l’accesso all’edificio posto a mezza costa della montagna. Molte scelte progettuali sono, di fatto, frutto della logistica, privilegiando materiali e prodotti di agevole movimentazione e ottimizzabile stoccaggio, dato che reperire gli spazi per l’allestimento del cantiere non era affatto un’impresa banale”. Le soluzioni Wienerberger sono quindi state dei validi alleati per la realizzazione dell’involucro, grazie alla facilità di montaggio. Il solaio di copertura è realizzato con struttura in legno di castagno di provenienza locale, tavelle in cotto, isolante in fibra di legno ad alta massa e manto di copertura in tegole di cemento. La falda sud è interamente coperta da pannelli fotovoltaici che forniscono, nell’arco dell’anno, l’intero fabbisogno energetico dell’edificio. Utilizzando la rete elettrica come accumulo di energia, il “Podere del tiglio” si caratterizza quindi come un intervento a bilancio energetico nullo. Infine l’edificio non è dotato di impianto di condizionamento, in quanto l’inerzia termica delle pareti perimetrali assicura uno sfasamento termico sufficientemente confortevole nella stagione estiva.

Materiale utilizzato: Porotherm BIO PLAN 38 T

Per il rifacimento delle murature perimetrali era auspicabile realizzare un blocco unico che semplificasse la realizzazione del pacchetto murario e la gestione del cantiere: per questo i progettisti hanno scelto il blocco in laterizio rettificato Porotherm BIO PLAN 38-25/19,9 T di Wienerberger. Tale sistema costruttivo, grazie alla sua elevata resistenza meccanica, resistenza al fuoco e performance termiche si è rivelata la soluzione ideale per la realizzazione di una parete massiva ad elevate prestazioni e il raggiungimento di un eccellente isolamento termico senza stratigrafie aggiuntive.

Sull'esterno delle pareti perimetrali è stato posto un paramento in pietra naturale - recuperata dal vecchio edificio - solidale con il laterizio e fissato tramite zanche metalliche. Anche da questo punto di vista il laterizio Porotherm BIO PLAN ha offerto la massima garanzia di sicurezza per l'aggancio del rivestimento pesante. La finitura dal lato interno è stata effettuata con intonaci a base calce. In tal modo si è ottenuta una parete che abbina ad un'ottima inerzia termica assicurata dalla massa un eccellente potere isolante e di traspirazione.

"Pur essendo un materiale mai utilizzato prima dalle maestranze che hanno lavorato a questo intervento" – ci spiega l'Arch. Matteo Brucoli - "la tecnica posa dei blocchi Porotherm BIO PLAN è stata rapidamente acquisita in cantiere in modo semplice ed efficace, per un intervento effettuato a regola d'arte in pochissimi giorni".

© Foto: Arch. Wienerberger

© Foto: Arch. Brucoli

INFO

UBICAZIONE: Palazzuolo sul Senio (FI)

ARCHITETTO: Nadia Angeli e Matteo Brucoli di Faenza (RA) , con la collaborazione dello Studio DES

SOLUZIONE WIENERBERGER: Porotherm BIO PLAN 38-25/19,9 T

Wienerberger S.p.A. Unipersonale
Sede legale e stabilimento
40027 Mordano (BO)
fraz. Bubano, Via Ringhiera 1
tel. 054256811, fax 054251143
italia@wienerberger.com

Stabilimento di Villabruna di Feltre
32032 Villabruna di Feltre (BL)
Strada della Fornace, 7
tel. 0439 340411, fax 0439 42731

Stabilimento di Gattinara
13045 Gattinara (VC)
Via Rovasenda, 79
tel. 0163 831012, fax 0163 834086

Stabilimento di Terni
05100 Terni (TR)
Voc. Macchiagrossa, 1/a
tel. 0744 241497, fax 0744 241517

www.wienerberger.it

06/2015